

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
Module: Sûreté de Fonctionnement et Maîtrise de Risques
Devoir Surveillé

M. A. Tchangani

Instructions: documents et calculatrice autorisés ; durée: 1 H ;
2 parties indépendantes ; recto-verso.

Questions de cours (7 pts)

- 1) Donner les quatre composantes de la sûreté de fonctionnement des systèmes en précisant à chaque fois la définition et les indicateurs de performance qui leur sont associés. (4 pts)
- 2) Donner les 3 phases importantes de la vie d'un matériel industriel en précisant pour chaque phase les actions correctives qui peuvent être entreprises pour améliorer sa durée de vie. (3 pts)

Exercice (13 pts)

Un système industriel est composé de 10 éléments fondamentaux. Afin de déterminer les éléments qui causent le plus d'indisponibilité du système, une étude des pannes des différents éléments a été réalisée pendant une année dont le résultat est donné par le tableau ci-dessous.

Élément	Temps d'arrêt en minutes
A /	50
B /	35
C /	40
D /	20
E /	497
F /	10
G /	25
H	8
I /	298
J /	17

- 1) Faire une analyse ABC de cette étude et en déduire les éléments qui méritent une attention particulière (3pts). Proposer des actions qui peuvent être entreprises concernant ces éléments (1pt).
- 2) Une étude approfondie du fonctionnement de l'élément E (élément non réparable) a montré que sa durée de vie est une variable aléatoire exponentielle de paramètre λ_E . On décide de le remplacer si sa fiabilité atteint $1 - \alpha$ où α ($0 < \alpha < 1$) est le facteur de risque. Avec quelle périodicité T (en fonction de λ_E et α) doit - on remplacer l'élément E ? Pour λ_E fixé tracer le comportement de T en fonction de α (2 pts)

- L'élément I est un élément réparable dont la durée de vie suit une loi exponentielle de paramètre λ_I . On monte deux éléments I identiques en redondance active pour former un bloc I et un opérateur est chargé de sa réparation. L'opérateur ne peut réparer qu'un élément à la fois avec un temps de réparation qui suit une loi exponentielle de moyenne $\frac{1}{\mu_I}$.
- 3) Tracer le graphe de Markov correspondant au fonctionnement du bloc I. On expliquera clairement ce que représente les états du graphe et on indiquera les taux de transitions. (3 pts)
 - 4) Calculer la disponibilité asymptotique du bloc I (la probabilité que le bloc I fonctionne ou encore la proportion de temps où le bloc I fonctionne) pour $\frac{\lambda_I}{\mu_I} = \frac{1}{3}$. (2 pts)
 - 5) Quel doit être le rapport $\frac{\lambda_I}{\mu_I}$ pour assurer une disponibilité asymptotique du bloc I de 95% ? (2 pts)

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, S8
Sûreté de Fonctionnement / Gestion des Risques

Devoir Surveillé

Enseignant: A. Tchangani

Instructions: Documents et calculatrice autorisés. Durée: 1 H. 2 parties indépendantes.

Questions de cours (10 pts)

1. Donner une stratégie de maintenance et un type de maintenance associé en précisant pour le type de maintenance, la définition, le but et les caractéristiques. (4 pts)
2. La norme française **NF X60.501** définit plusieurs niveaux de maintenance utilisables lors d'une contractualisation des opérations de maintenance par exemple. Donner quelques opérations (au moins trois) caractérisant le troisième niveau de cette norme. (3 pts)
3. Donner les différentes phases par lesquelles passe un équipement (industriel) durant sa vie ainsi que les politiques de maintenance appropriées pour chaque phase. (3 pts)

Exercice (10 pts)

Une machine de production peut se trouver dans 3 états d'usure différents. L'état 1 correspond à une machine en fonctionnement correct; l'état 3 à une machine en hors service devant subir une révision complète et l'état 2 à un état de fonctionnement dégradé. On admet que la révision complète de la machine, qui n'intervient que quand la machine est hors service, la ramène à l'état de fonctionnement correct (comme neuve). Le temps moyen de fonctionnement correct et le temps moyen de révision complète sont respectivement de 400 h et 30 h; le temps moyen de fonctionnement dégradé est de 100 h. En quittant l'état de fonctionnement correct il y a 80% de chances que la machine tombe en fonctionnement dégradé et 20% de chances qu'elle tombe en panne complète (hors service). Pour déterminer certains indicateurs de performance du fonctionnement de cette machine, on modélise le processus décrit ci-dessus par une chaîne de Markov.

4. Quelle stratégie de maintenance pratique - t - on ? (1 pt)
5. Donner la matrice Φ de la chaîne sous-jacente de la chaîne de Markov décrivant le fonctionnement de cette machine. (1 pt)
6. Donner la matrice génératrice A de cette chaîne de Markov. (1 pt)
7. Déterminer la proportion de temps pendant laquelle la machine est dans chacun des états 1, 2 et 3. (3 pts)
8. Déterminer le temps moyen de fonctionnement avant révision d'une machine neuve. (4 pts)

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
Module: Sûreté de Fonctionnement et Maîtrise de Risques
Devoir Surveillé

M. A. Tchangani

Instructions: documents et calculatrice autorisés ; durée: **1 H** ;
2 parties indépendantes ; recto-verso.

Questions de cours (5 pts)

Donner une stratégie de maintenance et un type de maintenance associé en précisant pour le type de maintenance, la définition, le but et les caractéristiques.

Exercice (15 pts)

Un système industriel est composé de 10 éléments fondamentaux. Afin de déterminer les éléments qui causent le plus d'indisponibilité du système, une étude des pannes des différents éléments a été réalisée pendant une année dont le résultat est donné par le tableau ci-dessous.

Elément	Temps d'arrêt en minutes
A /	50 /
B /	35 /
C ✓	40 /
D /	20 /
E /	497 /
F	10
G /	25 /
H	8
I /	298 /
J /	17 /

Etude du système

Faire une analyse ABC de cette étude et en déduire les éléments qui méritent une attention particulière (1 pt). Proposer des actions qui peuvent être entreprises concernant ces éléments (1 pt).

Etude de l'élément E

Une analyse fine du temps de bon fonctionnement de l'élément **E** est faite et les résultats sont donnés ci-dessous.

109 - 178 - 219 - 190 - 141 - 261 - 238 - 292 - 160 - 209 (heures).

1. Estimer la fonction fiabilité $R_E(t)$ de cet élément en admettant que les temps de bon fonctionnement suivent une loi de Weibull. On laissera toutes les traces ayant permis l'estimation de $R_E(t)$ sur le papier de Weibull. (3 pts)
2. Dans quelle phase de sa vie se trouve cet élément ? Pourquoi ? (0.5 pt)
3. En déduire son MTBF. (0.5 pt)
4. On voudrait établir un programme de maintenance préventive prévisionnelle qui consiste à intervenir sur l'élément **E** quand sa fiabilité devient inférieure à $1 - \alpha$ (α est le facteur de risque); déterminer les instants d'interventions pour $\alpha = 0.05, 0.10, 0.20$ (1 pt). Que peut-on conclure par rapport au facteur de risque α ? (2 pts)
5. On décide de mettre en place une politique de remplacement préventif périodique de l'élément **E** en appliquant le modèle approché de Barlow et Hunter (modèle BH). Quelle est la périodicité optimale de remplacement si le coût de remplacement sous défaillance c_2 est supérieur de 30% par rapport au coût de remplacement préventif c_1 ? (1 pt)

Etude de l'élément I

L'élément **I** est un élément réparable dont la durée de vie suit une loi exponentielle de paramètre λ_I . On monte deux éléments **I** identiques en redondance active pour former un bloc **I** et un opérateur est chargé de sa réparation. L'opérateur ne peut réparer qu'un élément à la fois avec un temps de réparation qui suit une loi exponentielle de moyenne $\frac{1}{\mu_I}$.

1. Tracer le graphe de Markov correspondant au fonctionnement du bloc **I**. On expliquera clairement ce que représente les états du graphe et on indiquera les taux de transition. (2 pts)
2. Calculer la disponibilité asymptotique du bloc **I** (la probabilité que le bloc **I** fonctionne ou encore la proportion de temps où le bloc **I** fonctionne) pour $\frac{\lambda_I}{\mu_I} = \frac{1}{3}$. (2 pts)
3. Quel doit être le rapport $\frac{\lambda_I}{\mu_I}$ pour assurer une disponibilité asymptotique du bloc **I** de plus de 95% ? (1 pt)