EC « Sûreté de fonctionnement » *(SInergie et ISN)*

Mercredi 20 juin 2018

Nicolae Brinzei, Jean François PETIN

Durée : 2 heures - Supports de cours autorisés, calculatrice autorisée.

La réponse à chaque exercice sera donnée sur une copie séparée.

Exercice 1. Diagrammes de fiabilité. Chaînes de Markov

On considère un système de protection d'un tapis roulant utilisé dans un aéroport. Ce système de protection, donné dans la figure suivante, est constitué d'un calculateur principal (MC - main controller) qui, en situation de danger potentiel, prépare et donne l'ordre d'arrêt d'urgence du tapis roulant. Cet ordre est transmis à deux calculateurs de freinage (BC - braking controller) dont chacun pilote un système de freinage (BS - braking system). Le système de freinage, constitué d'un groupe hydraulique, des plaquettes de frein et d'un disque de frein, représente la partie mécanique de ce système de protection et est considéré ici comme une seule entité pour laquelle son taux de défaillance et de réparation ont été déjà établis et sont connus. Un capteur (S - sensor) est intégré dans la chaîne d'actionnement (BC-S-BS) et permet de détecter si celle-ci fonctionne ou une défaillance du BC ou du BS s'est produite. Le capteur informe le calculateur principal de l'état de la chaîne d'actionnement.

Tous les composants du système sont des entités réparables et ils ont un comportement binaire (marche ou panne). Lorsqu'une chaîne d'actionnement ne fonctionne plus ou sont capteur est défaillant, elle est mise à l'arrêt et d'autres défaillances ne peuvent plus intervenir. On considère qu'on dispose d'un premier réparateur capable de réparer tous les composants électroniques et d'un second réparateur dédié aux systèmes de freinage. Les deux réparateurs réparent toujours le composant tombé en panne en premier.

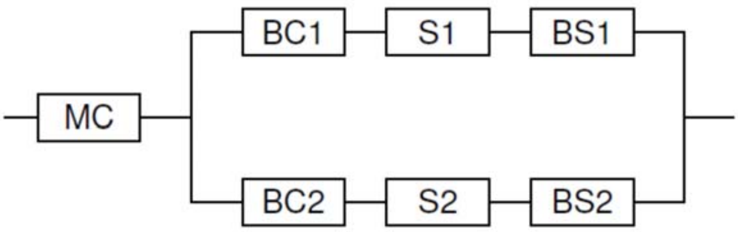

Figure. Diagramme de fiabilité du système de protection du tapis roulant.

Données numériques :

- taux de défaillance : $\lambda_{MC}=2\cdot10^{-6}h^{-1}$, $\lambda_{BC1}=\lambda_{BC2}=5.5\cdot10^{-6}h^{-1}$, $\lambda_{S1}=\lambda_{S2}=8\cdot10^{-6}h^{-1}$, $\lambda_{BS1}=\lambda_{BS2}=4\cdot10^{-6}h^{-1}$;
- taux de réparation identique pour tous les composants électroniques (MC, BC1, BC2, S1, S2) est égal à $\mu_e=2\cdot10^{-2}h^{-1}$;
- taux de réparation des systèmes de freinage (BS1, BS2) : $\mu_{BS}=6\cdot10^{-3}h^{-1}$

<u>Questions :</u>

1. En utilisant l'approche markovienne, proposez une modélisation[1] de ce système de protection du tapis roulant. Donnez la matrice des taux de transition de votre modèle.
2. Sans faire les calculs numériques, expliquez comment calculer la disponibilité de ce système à partir de votre modèle établi précédemment et donnez tous les éléments nécessaires pour faire les calculs. Exprimez la disponibilité de ce système sous forme de somme des probabilités d'état de votre chaîne de Markov.
3. On souhaite maintenant calculer la maintenabilité de ce système. Comment doit être modifiée la chaîne de Markov précédente afin de pouvoir calculer la maintenabilité de ce système ?
   Exprimez la maintenabilité du système sous forme de somme des probabilités d'état de cette nouvelle chaîne de Markov.
4. Les deux systèmes de freinage (BS1 et BS2) du système de protection sont affectés par un mode commun de défaillance caractérisé par un facteur $\beta=0.05$.
   Modifiez la chaîne de Markov établie dans la question 1 afin d'intégrer les effets de ce mode commun.

[1] Précisez la signification des états de votre chaîne de Markov.

Déterminez les valeurs de différents taux qui sont associés aux transitions de votre chaîne de Markov. Sans faire les calculs, d'après vous, comment est affectée la disponibilité du système par ce mode commun de défaillance par rapport au cas de figure de la question 1 ?

5. On considère seulement le sous-système des calculateurs (MC, BC1 et BC2). On néglige les capteurs et les systèmes de freinage.
   Modélisez ce système par un réseau de Petri[2] stochastique ou stochastique généralisé, si besoin.
   Sans faire les calculs numériques, expliquez comment faire pour déterminer le nombre moyen de calculateurs en panne.

[2] Précisez la signification des places et des transitions de votre modèle.