

SOMMAIRE

Sûreté de Fonctionnement & Optimisation des systèmes

Avant-propos

1. Introduction

2. Maîtrise des risques et fiabilisation des systèmes

2.1. Les concepts de base

- 2.1.1 Risque
- 2.1.2 Notion de système
 - 2.1.2.1 *Limites*
 - 2.1.2.2 *Fonctions*
 - 2.1.2.3 *Structure*
 - 2.1.2.4 *Conditions de fonctionnement*
 - 2.1.2.5 *Conditions d'exploitation*
 - 2.1.2.6 *Environnement*
- 2.1.3 Dysfonctionnement
 - 2.1.3.1 *Défaillance (failure en anglais)*
 - 2.1.3.2 *Panne (breakdown)*
 - 2.1.3.3 *Modes de panne (failure mode)*
 - 2.1.3.4 *Taux de panne*
 - 2.1.3.5 *Faute (fault)*
 - 2.1.3.6 *Erreur (error)*
 - 2.1.3.7 *Défaut (defect)*
 - 2.1.3.8 *Causes de panne*
 - 2.1.3.9 *Effets*
 - 2.1.3.10 *Scénario de défaillance*
- 2.1.4 Caractéristiques de Sûreté de fonctionnement

2.2. Démarche générale de la maîtrise des risques

- 2.2.1 Démarche générale
- 2.2.2 Traitement des risques
- 2.2.3 Classification des risques
- 2.2.4 Identification des risques
 - 2.2.4.1 *Retour d'Expérience (REX)*
 - 2.2.4.2 *Démarche déductive*
 - 2.2.4.3 *Démarche inductive*

2.3. Méthodes d'identification et de maîtrise des risques

- 2.3.1 Analyse Fonctionnelle (AF)
 - 2.3.1.1 *Analyse Fonctionnelle Externe*
 - 2.3.1.2 *Analyse Fonctionnelle Interne*
- 2.3.2 Analyse préliminaire des risques (APR)
- 2.3.3 Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et Criticité (AMDEC)
- 2.3.4 Méthode de représentation arborescente
 - 2.3.4.1 *Arbre de fautes*
 - 2.3.4.2 *Arbre des causes*
 - 2.3.4.3 *Arbre des conséquences*

- 2.3.5 Analyse des dangers
 - 2.3.5.1 *Etude de dangers des installations industrielles*
 - 2.3.5.2 *Etude de dangers relatifs à un produit*
 - 2.3.5.3 *Hazard and operability study (HAZOP)*
 - 2.3.5.4 *Analyse des dangers et points critiques pour leur maîtrise*
- 2.3.6 Analyse de modes communs et de causes communes
- 2.3.7 Analyse d'interaction logicielle matérielle (HSIA)
- 2.3.8 Analyse de zone
- 2.3.9 Analyse du facteur humain
- 2.3.10 Analyse des contraintes
- 2.3.11 Analyse pire cas
- 2.3.12 Règles de conception

2.4. Fiabilisation des systèmes

- 2.4.1 Architecture de systèmes
- 2.4.2 Processeurs
- 2.4.3 Logiciel
- 2.4.4 Mécanique
- 2.4.5 Facteur humain
- 2.4.6 Sûreté et Sécurité
- 2.4.7 Systèmes autonomes

2.5. La normalisation

- 2.5.1 Domaine aéronautique
- 2.5.2 Domaine spatial
 - 2.5.2.1 *Spécificité du domaine spatial*
 - 2.5.2.2 *Normes ECSS (European Cooperation for Space Standardization)*
- 2.5.3 Sécurité fonctionnelle
 - 2.5.3.1 *Norme 61508*
 - 2.5.3.2 *Normes déclinées de la 61508*
- 2.5.4 Domaine de la santé

2.6. Le management de la Sûreté de Fonctionnement

- 2.6.1 Exigences de Sûreté de Fonctionnement
- 2.6.2 Matrice de conformité
- 2.6.3 Plan de Sûreté de Fonctionnement
- 2.6.4 Format des analyses de Sûreté de Fonctionnement
- 2.6.5 Phasage des analyses dans le cycle de vie

3. L'estimation en Sûreté de fonctionnement

3.1. Du bon usage des évaluations quantitatives

3.2. Les notions théoriques de base

- 3.2.1 Rappels sur les probabilités et statistiques
 - 3.2.1.1 *Dénombrement*
 - 3.2.1.2 *Probabilité*
 - 3.2.1.3 *Opérations logiques*
 - 3.2.1.4 *Théorème des probabilités totales*
 - 3.2.1.5 *Théorème de Bayes*
 - 3.2.1.6 *Théorème de Bayes généralisé*
 - 3.2.1.7 *Variable aléatoire*
 - 3.2.1.8 *Fonction de répartition*
 - 3.2.1.9 *Espérance mathématique*
 - 3.2.1.10 *Variance et écart-type*
 - 3.2.1.11 *Moments*
 - 3.2.1.12 *Quantiles*

- 3.2.1.13 *Corrélation*
- 3.2.2 Intervalle de confiance
 - 3.2.2.1 *Intervalle de confiance d'une valeur moyenne*
 - 3.2.2.2 *Intervalle de confiance d'un taux de défaillance*
 - 3.2.2.3 *Intervalle de confiance d'une probabilité*
 - 3.2.2.4 *Niveau de confiance d'un quantile (méthode de Wilks)*
 - 3.2.2.5 *Méthodes d'estimation des intervalles de confiance*
- 3.2.3 Simulation de Monte-Carlo
 - 3.2.3.1 *Principe*
 - 3.2.3.2 *Simulation d'une variable aléatoire*
 - 3.2.3.3 *Précision des résultats*
 - 3.2.3.3.1 *Valeur moyenne*
 - 3.2.3.3.2 *Quantile*
 - 3.2.3.4 *Techniques de réduction de variance*
 - 3.2.3.4.1 *Echantillonnage stratifié*
 - 3.2.3.4.2 *Echantillonnage d'importance*
- 3.2.4 Définitions en Sûreté de Fonctionnement
 - 3.2.4.1 *Fiabilité et durée de vie*
 - 3.2.4.2 *Sécurité et sauvegarde*
 - 3.2.4.3 *Maintenabilité*
 - 3.2.4.4 *Disponibilité*
 - 3.2.4.5 *Durées caractéristiques de fonctionnement des systèmes*
 - 3.2.4.6 *Taux de risque instantané*
 - 3.2.4.7 *Disponibilité d'un équipement à taux de panne et de réparation constants*
- 3.3. Méthodes d'estimation**
 - 3.3.1 *Modèle non paramétrique (Kaplan Meier)*
 - 3.3.2 *Lois de probabilité utilisées en Sûreté de Fonctionnement*
 - 3.3.2.1 *Lois discrètes*
 - 3.3.2.2 *Lois continues*
 - 3.3.3 *Ajustement des modèles paramétriques*
 - 3.3.3.1 *Méthode des moindres carrés*
 - 3.3.3.2 *Méthode des moments*
 - 3.3.3.3 *Ajustement graphique*
 - 3.3.3.4 *Maximum de vraisemblance*
 - 3.3.4 *Qualité et précision d'un Ajustement*
 - 3.3.4.1 *Tests d'adéquation graphique*
 - 3.3.4.2 *Tests d'hypothèse*
 - 3.3.4.3 *Intervalles de confiance asymptotiques*
- 3.4. Modèles d'accélération**
 - 3.4.1 *Modèle Standard de Vie Accélérée (SVA)*
 - 3.4.2 *Traitement de données hétérogènes*
 - 3.4.3 *Prise en compte d'un stress variable (principe de Sedyakin)*
 - 3.4.4 *Modèle à risque proportionnel (modèle de Cox)*
- 3.5. Modèles de dégradation**
 - 3.5.1 *Processus Gamma et processus de Wiener*
 - 3.5.2 *Estimation de la durée de vie restante (RUL)*
- 3.6. Théorie des valeurs extrêmes**
 - 3.6.1 *Analyse des maxima par intervalles*
 - 3.6.2 *Analyse des valeurs au-dessus d'un seuil*
- 3.7. Modèles de maintenance**

- 3.7.1 Processus de remplacement RP (Renewal Process)
- 3.7.2 Processus non homogène de Poisson NHPP (Non-homogeneous Poisson process)
- 3.7.3 Processus de remplacement généralisé GRP (Generalized Renewal Process)

3.8. Méthode Contrainte / Résistance

3.9. Recueils de données de fiabilité

- 3.9.1 Norme MIL-HDBK 217
- 3.9.2 FIDES
- 3.9.3 Prise en compte de l'usure des composants électroniques dans les estimations de fiabilité
- 3.9.4 Recueil de fiabilité prévisionnelle dans le domaine de la mécanique
- 3.9.5 Fiabilité prévisionnelle des logiciels

3.10. Essais de caractérisation de la fiabilité

- 3.10.1 Les différents types d'essais
- 3.10.2 Caractérisation d'un taux de défaillance
- 3.10.3 Caractérisation d'une loi de fiabilité
- 3.10.4 Planification optimale des essais (méthode D-optimale)
- 3.10.5 Essais de caractérisation des systèmes mono-coup

3.11. Modèles de croissance de fiabilité

3.12. Techniques bayésiennes

- 3.12.1 Démarches fréquentielle et bayésienne
- 3.12.2 Cas particuliers de la loi de Poisson et de la loi binomiale
- 3.12.3 Méthode des essais fictifs
- 3.12.4 Méthode « Bayesian Restoration Maximisation »
- 3.12.5 Consolidation d'un taux de défaillance prévisionnel par des données opérationnelles

4. De l'évaluation à l'optimisation des systèmes

4.1. Les différentes méthodes de modélisation et de traitement

4.2. Modélisation statique des systèmes

- 4.2.1 Bloc Diagramme de Fiabilité
 - 4.2.1.1 *Représentation et méthode de calcul*
 - 4.2.1.2 *Types et effets des redondances*
 - 4.2.1.3 *Application du théorème des probabilités totales*
 - 4.2.1.4 *Erreurs à éviter*
 - 4.2.1.5 *Avantages et limites du Bloc Diagramme de Fiabilité*
- 4.2.2 Arbre de Fautes
 - 4.2.2.1 *Représentation*
 - 4.2.2.2 *Coupes minimales et calcul de probabilité*
 - 4.2.2.3 *Démarche d'élaboration des arbres*
 - 4.2.2.4 *Erreurs à éviter*
 - 4.2.2.5 *Avantages et limites de l'arbre de fautes*
- 4.2.3 Evaluation grossière de la disponibilité opérationnelle
 - 4.2.3.1 *Probabilité de rupture d'un stock de rechange*
 - 4.2.3.2 *Disponibilité opérationnelle d'un équipement avec un stock de rechange*
 - 4.2.3.3 *Disponibilité opérationnelle d'un système complexe*
 - 4.2.3.4 *Prise compte d'une chronologie*

4.3. Modélisation dynamique des systèmes

- 4.3.1 Modélisation markovienne
 - 4.3.1.1 *Graphe et matrice de Markov*
 - 4.3.1.2 *Traitement Markovien*
 - 4.3.1.3 *Démarche d'élaboration des modèles markoviens*
 - 4.3.1.4 *Exemples d'application*

- 4.3.1.5 *Avantages et limites de la modélisation markovienne*
- 4.3.1.6 *Solutions Palliatives*
 - 4.3.1.6.1 *Méthode des états fictifs*
 - 4.3.1.6.2 *Couplage entre traitements markovien et arbre de fautes*
 - 4.3.1.6.3 *Génération automatique de modèles*
 - 4.3.1.6.4 *Traitement par phase*
- 4.3.1.7 *Autres membres de la famille Markovienne*
 - 4.3.1.7.1 *Processus de Décision Markovien (MDP)*
 - 4.3.1.7.2 *Modèles de Markov Caché (MMC)*
 - 4.3.1.7.3 *Processus généralisés de décision markovien partiellement observable (GPOMDP)*
 - 4.3.1.7.4 *Processus de Markov déterministes par morceaux (PDMP)*
- 4.3.2 **Modélisation associée à la simulation**
 - 4.3.2.1 *Simulation des systèmes non réparables*
 - 4.3.2.2 *Simulation des systèmes réparables*
 - 4.3.2.2.1 *Simulation des modèles markoviens*
 - 4.3.2.2.2 *Réseaux de Petri stochastique*
 - 4.3.2.2.3 *Modèle de simulation récursive*
 - 4.3.2.3 *Maîtrise de la complexité*
- 4.4. **Autres méthodes de modélisation**
 - 4.4.1 *Modélisation basée sur un langage*
 - 4.4.2 *Modélisation par réseaux bayésiens*
 - 4.4.2.1 *Dépendances entre les variables*
 - 4.4.2.2 *Calcul de probabilité*
 - 4.4.2.3 *Apprentissage automatique*
- 4.5. **Propagation des incertitudes**
 - 4.5.1 *Analyse pire cas*
 - 4.5.2 *Propagation d'incertitude par simulation de Monte-Carlo*
- 4.6. **Dimensionnement probabiliste**
- 4.7. **Optimisation des Systèmes**
 - 4.7.1 *Processus d'Allocation*
 - 4.7.2 *Analyse de sensibilité*
 - 4.7.3 *Couplage des modèles d'évaluation à des outils d'optimisation*
 - 4.7.4 *La Sûreté de Fonctionnement dans l'optimisation globale des systèmes*
- 4.8. **Health Monitoring**
 - 4.7.5 *Le diagnostic*
 - 4.7.6 *Le pronostic*
 - 4.7.7 *Modèle de fiabilité en ligne*
 - 4.7.8 *Mise en place du Health Monitoring*

Annexe 1 : Estimation d'un intervalle de confiance

Annexe 2 : Optimisation

CAB INNOVATION

S.A.R.L. au Capital de 50 000 f - Code APE 722 Z - n° SIRET 428 854 871 00012

Siège social : 3 rue de la coquille, 31500 Toulouse – Tel : 05 61 54 68 08

Courriel : contact@cabinnovation.com

Site : cabinnovation.com