

**Objectifs de l'UE****Au terme de cette UE, les étudiants seront capables de :**

- Concevoir un système sûr de fonctionnement a) par l'application de méthodes d'analyses fonctionnelles et dysfonctionnelles (SADT, pieuvre, APR, AMDEC...), qualitatives/quantitatives (Arbre de fautes, Diagramme de succès, Modèles de Markov, Simulation de Monte Carlo b) par la quantification des paramètres de FMDS (fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité) et, éventuellement, la remise en cause des choix de conception pour atteindre les objectifs de FMDS spécifiés dans le cahier des charges du client (notion de bouclage au sein du cycle en V, ingénierie concourante),
- Optimiser la conception du système sous contraintes financières, de FMDS, d'intégration systèmes/sous-systèmes avec étude de compromis entre les paramètres de FMDS eux-mêmes et en regard des coûts/bénéfices, appliquer une approche systémique en sûreté de fonctionnement
- Maîtriser les risques techniques, environnementaux et humains a) par l'évaluation du niveau de SIL (Safety Integrity Level) en regard du MTR (Maximal Tolerable Rate), b) par le choix d'architectures de sécurité à 1 ou plusieurs canaux 1ooN, c) réduire le risque As Low As Reasonably Achievable (ALARA) c) dimensionner les systèmes de sécurité à haut degré de fiabilité avec optimisation des risques/coûts/bénéfices
- Classifier les types essentiels de maintenances et de défaillances/remèdes pour garantir les paramètres FMDS du système caractérisés durant la phase de conception, notion de modèle multi-point de vue conception/exploitation/maintenance,
- Collecter et analyser des données inhérentes à la maintenance notamment a) données "de base" du service maintenance (durées, coûts, probabilités de panne, indicateurs venant d'expert ou de capteurs, ...) en vue de concevoir/améliorer la politique de Maintenance ; b) signaux enregistrés in situ en vue de diagnostiquer l'état du système à partir de méthode "simples" venant de la statistique ou de l'automatique.

**Description des ECUE****Modèles théoriques de la fiabilité**

- 1) Définitions de la Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité

2) Probabilité : règles de base, théorème des probabilités totales, théorème de Bayès

3) Variables aléatoires et fonctions de distribution

4) Distributions usuelles en sûreté de fonctionnement

5) Applications aux études FMD : Configurations élémentaires - Systèmes complexes

6) Méthode et modèles : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs effets (et criticité), Méthode de l'Arbre des Causes, Méthode de l'Arbre des Conséquences, Méthode de Diagramme de Succès, Modèles de Markov

7) Méthodes pour l'analyse de systèmes complexes: Simulation de Monte Carlo, Fiabilité dynamique

TD : Etudes de cas.

TP : Application des méthodes d'analyse FMD et élaboration de modèles sur des cas industriels avec étude comparative des différentes approches

### **Sécurité et Maîtrise des Risques dans l'Industrie**

1) Normes de base relatives à la sécurité (notamment IEC 61508 et normes filles)

2) Définition niveaux de SIL (Safety Integrity Level), Définition de PFD (Probability of Failure on Demand) et DF (Dangerous Failure),

Mode de fonctionnement continu, à faible sollicitation, fréquence de tests

3) Analyse Préliminaire des Risques (APR), Étude qualitative de l'évaluation du risque, Graphe de risque, Etude quantitative du risque

4) Fonctionnement sûr sous risques contrôlés, Méthodes de réduction du risque

TD : Étude de cas et exemples de systèmes de sécurité

### **Maintenance et diagnostic**

1) Introduction : aspects systémique, historique, parallèle avec le domaine médical, typologies de Maintenance

2) Représentation des aspects "physiques" du matériel et de ses défaillances : a) typologies du matériel et de son analyse ; b) description spatio-temporelle du matériel et

documents de maintenance ; c) typologies de défaillances/remèdes

3) Recueil et analyse de données en vue d'actions de maintenance

4) Fonctions de la maintenance : a) méthode ; b) ordonnancement, logistique et réalisation ; c) gestion

5) Diagnostic : notion de causalité et définitions

6) Etapes générales et typologies des méthodes (interne vs. externe, statistique vs. non-statistique, ...)

TD : Calculs de probabilités, statistiques et économiques

TP : Analyse de défaillance à partir des moindres carrés récurrents (MCR) avec R et Labview sur un système simple. Comparaison des approches via MCR et réseaux de neurones.

#### **Pré-requis**

Probabilités et statistiques

#### **Bibliographie**

A. Pagès et M. Gondran. Fiabilité des systèmes. Eyrolles, 1980

A. Villemeur. Sécurité de fonctionnement des systèmes industriels. Eyrolles EDF, 1997

H. Kumamoto et E.J. Henley. Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists. IEEE Press, 1996

IEC 61508 standard. Functional safety of electrical/electronic /programmable electronic safety-related systems, NF EN 61508 part 1 to 7. AFNOR, 2011

W.M. Goble. Control systems safety evaluation and reliability. ISA, 1999

F. Monchy et C. Kojchen. Maintenance: outils, méthodes et organisations pour une meilleure performance. Dunod, 2015

R. Toscano. Commande et diagnostic des systèmes dynamiques. Ellipses, 2005

G. Zwingelstein. La maintenance basée sur la fiabilité. Hermès, 1996.