

**Titre : Fiabilité des systèmes complexes en présence d'incertitudes : Modèle de Croyances Transférable pour la prise en compte des dépendances.**

**F. Aguirre, M. Sallak et W. Schön**

UTC, Université de Technologie de Compiègne

UMR CNRS 6599

Heudiasyc BP 20529

60205 Compiègne cedex

France

E-mail: (felipe.aguirre-martinez, mohamed.sallak, walter.schon)@utc.fr

**Type de présentation désirée : Orale**

**Domaines :**

Accidentologie - phénoménologie		Facteurs organisationnels	Méthodes d'optimisation des performances et de réduction des coûts	Risques projet – risques d'entreprise
Analyse de risque et aide à la décision	X	Fiabilité prévisionnelle des systèmes – structures - composants	Méthodes « Risk based »	Santé et Sécurité au travail
Aspects juridiques (impacts, contraintes, responsabilités)		Formation et Gestion des compétences	Modélisation de la sûreté de fonctionnement et méthodes dynamiques	Sécurité Industrielle
Conception (système technique, système de travail, équipement de travail, etc.).		Gestion des actifs	Normalisation	Sécurité et sûreté des structures
Coûts de la maîtrise des risques		Gestion du cycle de vie, vieillissement et durabilité	Perception des risques et crises - Communication	Sous-traitance : gestion et maîtrise des risques
Culture de sécurité – sûreté		Gestion des risques liés aux établissements de santé (Hôpital, laboratoire, etc.)	Réglementation	Surveillance des systèmes : diagnostic et signaux faibles
Développement durable		Gestion des risques environnementaux	Résilience et maîtrise des risques	Soutien logistique
Ergonomie	X	Incertitudes		Statistique avancée
Études probabilistes de sûreté et de sécurité		Législation (impacts, contraintes et responsabilités)	Retour d'expérience, expertise et analyses de données	Sûreté des réseaux
Facteurs Humains		Maintenance : activités, organisation et optimisation	Risques financiers	Sûreté et fiabilité des systèmes informatiques / programmés

## Contexte

L'étude de la fiabilité des systèmes industriels complexes nécessite principalement la prise en compte des différents types d'incertitudes (imprécisions, manques de données de fiabilité, divergence des avis des experts, etc.), des dépendances entre composants et de leurs défaillances simultanées.

Les incertitudes sont généralement divisées en deux catégories : les incertitudes aléatoires et les incertitudes épistémiques. La première catégorie provient du caractère aléatoire de l'information due à

une variabilité naturelle résultant de phénomènes stochastiques (temps de défaillance d'un composant, durée de réparation d'un composant, etc.). On parle alors d'incertitudes de variabilité ou d'incertitudes stochastiques. La seconde catégorie est liée au caractère imprécis de l'information lié à un manque de connaissance et qui résulte par exemple d'erreurs lors de mesures ou d'avis d'experts. On parle alors d'incertitudes épistémiques. Dans les études de fiabilité, ces deux catégories sont souvent confondues alors qu'elles devraient être traitées de manière différente.

La théorie des probabilités classique est particulièrement adaptée à la prise en compte des incertitudes aléatoires. L'incertitude épistémique peut être modélisée avec la théorie de possibilités, la théorie de Dempster-Shafer, l'analyse des intervalles et les probabilités imprécises. La théorie de Dempster-Shafer (D-S) est considérée comme une généralisation de la théorie des probabilités classique. Elle présente l'avantage de pouvoir modéliser à la fois les deux types d'incertitudes. C'est pourquoi, dans ce travail, une interprétation de la théorie D-S appelé Modèle de Croyance Transférable (MCT) sera proposée pour la prise en compte des deux types d'incertitudes.

En outre, la prise en compte des dépendances entre les défaillances des composants est un élément primordial dans l'évaluation de la fiabilité des systèmes complexes. Ces dépendances ont été divisées en plusieurs catégories : Causes Communes de défaillance (CCF), défaillances en cascades, dépendances froides, etc. Il existe principalement deux approches pour modéliser les dépendances : l'approche implicite et l'approche explicite. La première est basée sur l'utilisation de probabilités conjointes, de taux de corrélation ou de probabilités conditionnelles pour représenter les dépendances. Dans la deuxième approche, les dépendances sont incluses directement dans le modèle du système tel un bloc dans un diagramme de fiabilité ou un événement dans un arbre de défaillance. Dans ce travail, les deux approches seront étudiées pour modéliser les dépendances en présence d'incertitudes.

## Objectifs

Pour prendre en compte les incertitudes épistémiques et aléatoires dans l'analyse de la fiabilité des systèmes complexes, nous allons proposer l'utilisation du Modèle de Croyance Transférable (MCT). En outre, nous allons modéliser les dépendances avec les deux approches implicite et explicite en utilisant des fonctions de croyances. Le modèle MCT complet sera alors appliqué à l'étude de la fiabilité de systèmes complexes avec différents types de dépendances en présence d'incertitudes aléatoires et épistémiques.

## Démarche

Dans un premier temps, le modèle MCT [1][2] sera présenté et appliqué à l'étude de la fiabilité de structures complexes sans dépendances. Les données de fiabilité des composants seront représentées sous forme de masses de croyances. Les opérations définies dans le MCT (combinaison de Dempster, projection, extension vide, etc.) seront utilisées pour propager les incertitudes. Les fiabilités des systèmes seront alors données sous forme d'intervalles. Ensuite, les dépendances entre les défaillances des composants seront modélisées sous forme de masses de croyances et incorporées dans le MCT proposé. Les résultats obtenus seront comparés avec ceux obtenus en utilisant une approche type probabilités imprécises proposée par Walley [3].

## Résultats

Le modèle MCT a donné des résultats très satisfaisants dans l'analyse de fiabilité des systèmes complexes en prenant en compte les différents types d'incertitudes et des dépendances de défaillances. La pertinence de ces résultats a été mise en évidence par le biais d'une comparaison avec les résultats obtenus en utilisant une approche type probabilités imprécises. Une Toolbox sur Matlab a été

implémentée pour optimiser les opérations de calculs de fiabilité avec le MCT.

## Références

- [1] S. Démotier, W. Schön and T. Denoeux. *Risk Assessment Based on Weak Information using Belief Functions: A Case Study in Water Treatment*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 36, Issue 3, 382-396, 2006.
- [2] W. Schön, T. Denoeux. *Prise en compte des incertitudes dans les évaluations de risque à l'aide des fonctions de croyance*. Congrès Maîtrise des risques et Sûreté de Fonctionnement, LambdaMu 14, Bourges, France, 12-14 Octobre 2004.
- [3] P. Walley, *Statistical reasoning with imprecise probabilities*, Chapman and Hall London, 1991.

## Mots clés

Mots clés	Key words
données de fiabilité	reliability data
donnée manquante	missing data
fiabilité	reliability
retour d'expérience	field data feedback
sûreté de fonctionnement	dependability
système complexe	complex system