

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE EL HADJ LAKHDHAR BATNA  
FACULTE D'INGENIEUR  
DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE**

# **Mémoire**

En vue de l'obtention du diplôme de

## **MAGISTER**

### **Spécialité : Informatique**

#### **Option : Ingénierie des Systèmes Informatiques**

Dans le cadre de l'Ecole Doctorale < Sciences et Technologies de l'Information et  
Communication, STIC >

Présenté et soutenu Par

**Yasmina BERROU**

### **Evaluation de la fiabilité des systèmes temps réel distribués embarqués**

#### **Composition du JURY:**

Prof. Benmohamed mohamed	Prof Université de Constantine	Président
Dr. Bilami Azeddine	MCA Université de Batna	Examineur
Dr. Belattar Brahim	MCA Université de Batna	Examineur
Dr. Zidani Abdelmajid	MCA Université de Batna	Rapporteur
Dr. Kalla Hamoudi	MCB Université de Batna	Co-Rapporteur

# Remerciements

J'aimerais d'abord remercier mon encadreur et mon co-encadreur qui m'a soutenu tout au long de la rédaction de ce mémoire, pour son écoute et ses conseils pertinents.

Je remercie également l'ensemble des membres du jury pour avoir consacré leur temps à examiner ce travail malgré leurs nombreuses responsabilités, je leur suis reconnaissant pour l'attention qu'ils ont portée à mon travail.

Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien inconditionnel et leur présence continue.

Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

# Table des matières

<b>Table des figures</b>	<b>4</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>6</b>
<b>1. Introduction générale</b>	<b>7</b>
<b>2. Introduction aux systèmes temps réel et aux algorithmes d'ordonnancement</b>	<b>10</b>
2.1 Introduction .....	10
2.2 Définitions .....	14
2.2.1 Système réactif.....	14
2.2.2 Exemples de système réactif.....	14
2.2.3 Système temps réel .....	15
2.2.4 Temps réel souple et temps réel strict .....	16
2.2.5 Système distribué et système embarqué.....	16
2.3 Modélisation des systèmes temps réel .....	17
2.3.1 Tâche .....	18
2.3.2 Niveau logiciel .....	18
2.3.3 Niveau matériel .....	19
2.3.4 Caractéristique temporelle .....	21
2.3.5 Contrainte matérielle	
22	
2.4 Problématique de distribution et d'ordonnancement temps réel .....	22
2.4.1 Description du problème .....	22
2.4.2 Présentation du problème .....	23
2.4.3 Classification des algorithmes d'ordonnancement temps réel.....	23
2.5 Algorithme de distribution et d'ordonnancement de SYNDEX.....	24
2.6 Conclusion.....	30
<b>3. Fiabilité des systèmes</b>	<b>31</b>
3.1 Introduction.....	32
3.2 Terminologie.....	33
3.2.1 Sûreté de fonctionnement .....	33
3.2.2 Moyen de la sûreté de fonctionnement.....	33
3.2.3 Fiabilité .....	34
3.2.4 Faute, Erreur, Défaillance .....	34

3.2.5 Taux de défaillance.....	36
3.3 Modèles pour le calcul de la fiabilité .....	37
3.3.1 Modèles combinatoires .....	37
3.3.2 Modèles basés sur la chaîne de Markov .....	37
3.3.3 Modèles basés sur les réseaux de Pétri .....	38
3.3.4 Modèles basés sur les algorithmes d'ordonnement .....	38
3.4 Techniques d'évaluation de la fiabilité .....	38
3.4.1 Arbre de défaillance.....	38
3.4.2 Bloc de diagramme de la fiabilité BDF .....	41
3.4.3 Représentation BDD.....	43
3.4.4 Ensemble de coupe minimal et le chemin plus court .....	44
3.4.5 Algorithme directe.....	46
3.5 Conclusion .....	48
<b>4. Etat de l'art</b> .....	<b>49</b>
4.1 Introduction.....	50
4.2 Problème d'optimisation bi-critères .....	51
4.3 Classification des algorithmes bi-critères.....	51
4.3.1 Agrégation de deux critères à un seul.....	51
4.3.1.1 Principe .....	52
4.3.1.2 Présentation de quelques algorithmes .....	52
4.3.2 Transformation d'un critère à une contrainte.....	55
4.3.2.1 Principe .....	56
4.3.2.2 Présentation de quelques algorithmes .....	56
4.3.3 Hiérarchisation des critères.....	57
4.3.2.1 Principe.....	57
4.3.2.2 Présentation de quelques algorithmes .....	58
4.4 Discussion.....	59
4.5 Conclusion .....	59
<b>5. Algorithme d'ordonnement bi-critères : temps réel et fiabilité</b> .....	<b>60</b>
5.1 Problème d'ordonnement et d'optimisation bi-critères .....	61
5.1.1 Modèle de faute .....	62
5.1.2 Formalisation du problème .....	62
5.1.3 Premier critère : Minimisation de la longueur.....	63
5.1.4 Deuxième critère : Maximisation de fiabilité.....	63
5.2 Heuristique d'ordonnement et d'optimisation bi-critère.....	64
5.2.1 Importance du coût statique .....	64
5.2.3 Fonction de SYNDEX .....	65
5.2.3 Fonction de compromise.....	66
5.2.4 Présentation de l'algorithme de l'heuristique .....	67
5.3 BSA.....	67

5.4 Génération aléatoire de graphes d'architectures et d'algorithmes .....	68
5.3 Etude comparative.....	68
5.4 Simulation.....	73
5.5 Conclusion.....	75
<b>Conclusion et perspectives</b>	<b>78</b>
<b>Bibliographie</b>	