

UNIVERSITÉ DE NICE - SOPHIA ANTIPOLIS
ÉCOLE DOCTORALE STIC
SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION
ET DE LA COMMUNICATION

THÈSE

pour obtenir le titre de

Docteur en Sciences

de l'Université de Nice - Sophia Antipolis

Mention : INFORMATIQUE

Présentée et soutenue par

Olivier COMMOWICK

Création et utilisation d'atlas anatomiques numériques pour la radiothérapie

Thèse dirigée par Grégoire MALANDAIN

préparée à l'INRIA Sophia Antipolis, Projet ASCLEPIOS

soutenue le 14 février 2007

Jury :

<i>Rapporteurs :</i>	Patrick CLARYSSE	-	CNRS (CREATIS)
	Louis COLLINS	-	McGill University
<i>Directeur :</i>	Grégoire MALANDAIN	-	INRIA (Asclepios)
<i>Président :</i>	Nicholas AYACHE	-	INRIA (Asclepios)
<i>Examineurs :</i>	Pierre-Yves BONDIAU	-	Centre Antoine Lacassagne (Nice)
	Guido GERIG	-	University of North Carolina
	Vincent GRÉGOIRE	-	Université Catholique de Louvain
<i>Invité :</i>	Hanna KAFROUNI	-	DOSISoft S.A.

A faire en dernier :-)

Table des matières

I	Introduction	1
1	Introduction	3
2	Contexte	5
2.1	Systèmes critiques embarqués	5
2.1.1	Systèmes critiques	5
2.1.2	Systèmes embarqués	5
2.2	Une étude pluridisciplinaire	5
2.2.1	Problématique de l'approche multipoints de vue	5
2.2.2	Traitement des interactions entre les vues	5
3	État de l'art	7
3.1	Ordonnancement temps réel	7
3.2	Sûreté de fonctionnement	7
II	Contribution	9
4	Modéliser un environnement agressif	11
4.1	Introduction	11
4.2	État de l'art	11
4.2.1	Des fautes aux erreurs	11
4.2.2	Modèle de fautes pseudo-périodiques	11
4.2.3	Approche par motifs de fautes	11
4.2.4	Commentaires	11
4.3	Rafales de fautes	11
4.3.1	Définition	11
4.3.2	Illustration	11
5	Se protéger des fautes et gérer les erreurs	13
5.1	Introduction	13
5.2	État de l'art	13
5.2.1	Tolérer les fautes	13
5.2.2	Redondances spatiales et temporelles	13
5.2.3	Protections logicielles	13
5.3	Recouvrement des erreurs	13
5.3.1	Tactiques de recouvrement d'erreurs	13
5.3.2	Stratégies de recouvrement d'erreurs	13
5.3.3	Exemples de stratégie	13

6	Intégrer la tolérance aux fautes aux études d'ordonnement	15
6.1	Introduction	16
6.2	État de l'art	16
6.2.1	Ordonnement tolérant aux fautes	16
6.2.2	Résilience aux fautes	16
6.3	Équation de temps de réponse sous rafales de fautes	16
6.3.1	Une équation conservative	16
6.3.2	Évaluation de l'impact des stratégies de recouvrement	16
6.4	Un premier bilan	16
6.4.1	Un exemple	16
6.4.2	une intuition	16
6.5	Cas particulier des ordonnancements partitionnés	16
6.5.1	Ordonnement multi-niveaux	16
6.5.2	Adaptation de l'équation	16
6.6	Simulation	16
6.6.1	TEARS	16
6.6.2	Protocole de simulation	16
6.6.3	Résultats	16
6.6.4	Commentaires	16
6.7	Évaluation de la résilience aux fautes	16
6.7.1	Intérêt de la résilience aux fautes	16
6.7.2	Évaluation pour des fautes pseudo-périodiques	16
6.7.3	Évaluation pour des rafales de fautes	16
6.7.4	Exemple	16
7	Combiner les aspects sûreté de fonctionnement et temps réel	17
7.1	Introduction	18
7.2	Propagation de fautes	18
7.2.1	État de l'art	18
7.2.2	Sensibilité d'un équipement à une perturbation	18
7.2.3	Propagation des fautes	18
7.3	Analyse de l'impact de la sûreté de fonctionnement sur l'ordonnement temps réel	18
7.3.1	Perturbation subie et perturbation ressentie par le système	18
7.3.2	Méthodologie d'analyse	18
7.3.3	Exemple	18
7.4	Analyse de l'impact de l'ordonnement temps réel sur la sûreté de fonctionnement	18
7.4.1	La question de l'isolement	18
7.4.2	Mise en oeuvre du partitionnement	18

III Conclusion	19
8 Bilan des travaux	21
9 Discussion	23
9.1 Conception et réalité des analyses combinées	23
9.2 Application au cas particulier de l'aéronautique	23
9.2.1 Aéronefs avec pilote(s)	23
9.2.2 Aéronefs sans pilote	23
10 Perspectives	25

Première partie

Introduction

CHAPITRE 1

Introduction

Contexte

Sommaire

2.1	Systèmes critiques embarqués	5
2.1.1	Systèmes critiques	5
2.1.2	Systèmes embarqués	5
2.2	Une étude pluridisciplinaire	5
2.2.1	Problématique de l'approche multipoints de vue	5
2.2.2	Traitement des interactions entre les vues	5

2.1 Systèmes critiques embarqués

2.1.1 Systèmes critiques

2.1.2 Systèmes embarqués

2.2 Une étude pluridisciplinaire

2.2.1 Problématique de l'approche multipoints de vue

2.2.2 Traitement des interactions entre les vues

État de l'art

Sommaire

3.1	Ordonnancement temps réel	7
3.2	Sûreté de fonctionnement	7

3.1 Ordonnancement temps réel

3.2 Sûreté de fonctionnement

Deuxième partie

Contribution

Modéliser un environnement agressif

Sommaire

4.1	Introduction	11
4.2	État de l’art	11
4.2.1	Des fautes aux erreurs	11
4.2.2	Modèle de fautes pseudo-périodiques	11
4.2.3	Approche par motifs de fautes	11
4.2.4	Commentaires	11
4.3	Rafales de fautes	11
4.3.1	Définition	11
4.3.2	Illustration	11

4.1 Introduction

4.2 État de l’art

4.2.1 Des fautes aux erreurs

4.2.2 Modèle de fautes pseudo-périodiques

4.2.3 Approche par motifs de fautes

4.2.4 Commentaires

4.3 Rafales de fautes

4.3.1 Définition

4.3.2 Illustration

Se protéger des fautes et gérer les erreurs

Sommaire

5.1	Introduction	13
5.2	État de l’art	13
5.2.1	Tolérer les fautes	13
5.2.2	Redondances spatiales et temporelles	13
5.2.3	Protections logicielles	13
5.3	Recouvrement des erreurs	13
5.3.1	Tactiques de recouvrement d’erreurs	13
5.3.2	Stratégies de recouvrement d’erreurs	13
5.3.3	Exemples de stratégie	13

5.1 Introduction

5.2 État de l’art

5.2.1 Tolérer les fautes

5.2.2 Redondances spatiales et temporelles

5.2.3 Protections logicielles

5.3 Recouvrement des erreurs

5.3.1 Tactiques de recouvrement d’erreurs

5.3.2 Stratégies de recouvrement d’erreurs

5.3.3 Exemples de stratégie

Intégrer la tolérance aux fautes aux études d'ordonnancement

Sommaire

6.1	Introduction	16
6.2	État de l'art	16
6.2.1	Ordonnancement tolérant aux fautes	16
6.2.2	Résilience aux fautes	16
6.3	Équation de temps de réponse sous rafales de fautes	16
6.3.1	Une équation conservative	16
6.3.2	Evaluation de l'impact des stratégies de recouvrement	16
6.4	Un premier bilan	16
6.4.1	Un exemple	16
6.4.2	une intuition	16
6.5	Cas particulier des ordonnancements partitionnés	16
6.5.1	Ordonnancement multi-niveaux	16
6.5.2	Adaptation de l'équation	16
6.6	Simulation	16
6.6.1	TEARS	16
6.6.2	Protocole de simulation	16
6.6.3	Résultats	16
6.6.4	Commentaires	16
6.7	Evaluation de la résilience aux fautes	16
6.7.1	Intérêt de la résilience aux fautes	16
6.7.2	Evaluation pour des fautes pseudo-périodiques	16
6.7.3	Evaluation pour des rafales de fautes	16
6.7.4	Exemple	16

6.1 Introduction

6.2 État de l'art

6.2.1 Ordonnancement tolérant aux fautes

6.2.2 Résilience aux fautes

6.3 Équation de temps de réponse sous rafales de fautes

6.3.1 Une équation conservative

6.3.2 Evaluation de l'impact des stratégies de recouvrement

6.4 Un premier bilan

6.4.1 Un exemple

6.4.2 une intuition

6.5 Cas particulier des ordonnancements partitionnés

6.5.1 Ordonnancement multi-niveaux

6.5.2 Adaptation de l'équation

6.6 Simulation

6.6.1 TEARS

6.6.2 Protocole de simulation

6.6.3 Résultats

6.6.4 Commentaires

6.7 Evaluation de la résilience aux fautes

6.7.1 Intérêt de la résilience aux fautes

6.7.2 Evaluation pour des fautes pseudo-périodiques

6.7.3 Evaluation pour des rafales de fautes

6.7.4 Exemple

Combiner les aspects sûreté de fonctionnement et temps réel

Sommaire

7.1	Introduction	18
7.2	Propagation de fautes	18
7.2.1	État de l'art	18
7.2.2	Sensibilité d'un équipement à une perturbation	18
7.2.3	Propagation des fautes	18
7.3	Analyse de l'impact de la sûreté de fonctionnement sur l'ordonnancement temps réel	18
7.3.1	Perturbation subie et perturbation ressentie par le système	18
7.3.2	Méthodologie d'analyse	18
7.3.3	Exemple	18
7.4	Analyse de l'impact de l'ordonnancement temps réel sur la sûreté de fonctionnement	18
7.4.1	La question de l'isolement	18
7.4.2	Mise en oeuvre du partitionnement	18

7.1 Introduction

7.2 Propagation de fautes

7.2.1 État de l'art

7.2.2 Sensibilité d'un équipement à une perturbation

7.2.3 Propagation des fautes

7.3 Analyse de l'impact de la sûreté de fonctionnement sur l'ordonnancement temps réel

7.3.1 Perturbation subie et perturbation ressentie par le système

7.3.2 Méthodologie d'analyse

7.3.3 Exemple

7.4 Analyse de l'impact de l'ordonnancement temps réel sur la sûreté de fonctionnement

7.4.1 La question de l'isolement

7.4.2 Mise en oeuvre du partitionnement

Troisième partie

Conclusion

Bilan des travaux

Discussion

Sommaire

9.1	Conception et réalité des analyses combinées	23
9.2	Application au cas particulier de l'aéronautique	23
9.2.1	Aéronefs avec pilote(s)	23
9.2.2	Aéronefs sans pilote	23

9.1 Conception et réalité des analyses combinées

9.2 Application au cas particulier de l'aéronautique

9.2.1 Aéronefs avec pilote(s)

9.2.2 Aéronefs sans pilote

CHAPITRE 10

Perspectives
