THESE

présentée à

Institut National Polytechnique de Grenoble

pour obtenir le grade de
DOCTEUR-INGENIEUR
Spécialité «GENIE INFORMATIQUE»

par

Bernard COURTOIS

ETUDE D'UN CALCULATEUR TOLERANT DES PANNES

SES FIABILITE, SECURITE, PERFORMANCE ET COÛT

Thèse soutenue le 10 décembre 1976 devant la Commission d'Examen

Président	: M. L. BOLLIET
Examinateurs	M. A. COSTES M. C. DURANTE Mme G. SAUCIER
Invités	M. G. LA ROSA M. F. MAISON

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PREMIÈRE PARTIE : SECURITE DES MICROMACHINES

RESUME

I - **INTRODUCTION ET DEFINITIONS** 13

I - 1. DEFINITIONS 13

I - 2. JUSTIFICATION 15

I - 3. COHERENCE 15bis

I - 4. ILLUSTRATION 16

II - **ETUDE DE QUELQUES SYSTEMES** 18

II - 1. SYSTEME DUPLEX 18

II - 2. PREMIER SYSTEME DUPLEX REPLIQUE 20

II - 3. SYSTEME BDR 24

II - 4. SYSTEME TMR 26

II - 5. SYSTEME TMR A DETECTEURS DE PANNE 27

III - **COMPARAISON DES SYSTEMES PROPOSES** 29

III - 1. INTRODUCTION 29

III - 2. SECURITE 30

III - 3. FIABILITE DE MISSION 32

III - 4. DISPONIBILITE ET FIABILITE DE SIGNAL 33

III - 5. CONCLUSION PARTIELLE 34

IV - **SYSTEME BI-DUPLEX ET SYSTEMES HYBRIDES - MODELISATION** 35

IV - 1. SYSTEME A REDONDANCE BI-DUPLEX 35

IV - 2. SYSTEMES HYBRIDES 36

V - **COMPARAISON DES SYSTEMES BDR ET HYBRIDES** 40

V - 1. INTRODUCTION 40

V - 2. ANALYSE DE LA SECURITE ET DE LA FIABILITE DE MISSION POUR DE PETITES UNITES FONCTIONNELLES 40

V - 3. ANALYSE DE LA SECURITE ET DE LA FIABILITE DE MISSION POUR DES UNITES FONCTIONNELLES PLUS COMPLEXES ET UN TEMPS DE MISSION PLUS LONG 42

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

VI - **CONCLUSION : CHOIX D'UN SYSTEME**

REFERENCES

ANNEXE 1 : FIABILITE DE SIGNAL DES SYSTEMES BDR ET TMR

A1 - 1. PREMIER SYSTEME DUPLEX REPLIQUE

A1 - 2. SYSTEME BDR

A1 - 3. SYSTEME TMR

ANNEXE 2 : SECURITE ET FIABILITE DE MISSION D'UN SYSTEME HYBRIDE AVEC SIGNAL DE STOP ET 1 MODULE DE SECOURS

A2 - 1. SECURITE

A2 - 2. FIABILITE DE MISSION

DEUXIÈME PARTIE : FIABILITE, COUT ET PUISSANCE DES MICROMACHINES

RESUME

I - POSITION DU PROBLEME 6

II - **EVALUATION DE LA PUISSANCE DES MICROMACHINES** 6

II - 1. "BENCHMARK", "KERNEL", "INSTRUCTION-MIX" ? 6

II - 2. CHOIX D'UN "INSTRUCTION MIX" 6

III - MODELISATION DES UNITES FONCTIONNELLES 7

III - 1. MODELISATION DE L'UNITE FONCTIONNELLE MEMOIRE DE REGISTRES 7

III - 1.1. Implémentation de redondances 7

III - 1.2. Stratégies d'implémentation de redondances 8

III - 1.3. Illustration sur la mémoire de registres 8

III - 2. MODELISATION DE L'UNITE FONCTIONNELLE UAL 8

III - 2.1. Modélisation des micromachines 8

III - 2.2. Relations coût-fiabilité 8

III - 3. MODELISATION DE LA FONCTION REGISTRE D'ETAT 8

III - 4. MODELISATION DE LA FONCTION REGISTRE INSTRUCTION 9

III - 5. ENSEIGNEMENTS ET FINALITE 9

IV - RELATIONS FIABILITE-COUT-PERFORMANCE 92

IV - 1. RELATIONS COUT-PERFORMANCE 92

IV - 1.1. Influence du mix d'instruction 97

IV - 2. RELATIONS COUT-FIABILITE 100

IV - 2.1. Influence du temps de mission 102

IV - 3. RELATIONS FIABILITE-PERFORMANCE 104

IV - 3.1. Influence du temps de mission 105

IV - 3.2. Influence du mix d'instruction 106

IV - 4. SURFACE FIABILITE COUT-PUISSANCE 107

V - CONCLUSION 109

REFERENCES 110

ANNEXE 3 : PROGRAMME POUR L'ETUDE DES RELATIONS FIABILITE-COUT-PERFORMANCE

A3 - 1. DONNEES FOURNIES PAR L'UTILISATEUR 114

A3 - 2. ENVIRONNEMENT "ETUDE" 115

A3 - 3. ENVIRONNEMENT "INITIAL" 117

A3 - 4. EXEMPLE 119

CONCLUSION GÉNÉRALE 122

REFERENCES 124

ANNEXE 4 : ETUDE DU PARTITIONNEMENT DE SYSTEMES LOGIQUES REDONDANTS

PARTIE I : résultats théoriques

A - Système (1,1,1) 127

B - Système (1,1,2) 128

C - Système (1,1,S) 129

D - Système (3,2,0) 129

E - MTF et R(MTF) du système (3,2,0) 130

PARTIE II : résultats pratiques

A - Existence d'un optimum pour le système (1,1,1) 133

B - Valeurs optimales pour le système (1,1,1) 138

C - Valeurs optimales pour le système (1,1,2), 1ère hypothèse 140

D - Valeurs optimales pour le système (1,1,2) 2e hypothèse 142

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

E - Choix d'un degré de redondance et de partitionnement pour des systèmes à remplacement 14
F - Valeurs optimales pour le système (3,2,0) 14

CONCLUSION 14

REFERENCES 14

ANNEXE 5 : PROGRAMME D'EVALUATION DE FIABILITE
A5 - 1. SCHEMAS DE REDONDANCES 15
A5 - 2. PARAMETRES 15
A5 - 3. COMMANDES 15
A5 - 4. EXEMPLE 15

BIBLIOTHEQUE DU CERIST