

THESE

présentée à

Institut National Polytechnique de Grenoble



pour obtenir le grade de

**DOCTEUR-INGENIEUR
Informatique**

par

Jean ROHMER



**SSH : UN OUTIL ET DES TECHNIQUES
SIMPLES A IMPLEMENTER
POUR CONSTRUIRE ET SIMULER
DES MODELES HIERARCHISES
DE SYSTEMES**



Thèse soutenue le 24 juin 1976 devant la Commission d'Examen :

Président :	L. BOLLIET
Examineurs :	F. ANCEAU
	S. GUIBOUD-RIBAUD
	C. KAISER
	S. KRAKOWIAK

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE

Président : M. Philippe TRAYNARD
Vice-Président : M. Pierre-Jean LAURENT

PROFESSEURS TITULAIRES

MM. BENOIT Jean	Radioélectricité
BESSON Jean	Electrochimie
BLOCH Daniel	Physique du solide
BONNETAIN Lucien	Chimie Minérale
BONNIER Etienne	Electrochimie et Electrometallurgie
BOUDOURIS Georges	Radioélectricité
BRISSENEAU Pierre	Physique du solide
BUYLE-BODIN Maurice	Electronique
COUMES André	Radioélectricité
DURAND Francis	Métallurgie
FELICI Noël	Electrostatique
FOULARD Claude	Automatique
LESPINARD Georges	Mécanique
MOREAU René	Mécanique
PARIAUD Jean-Charles	Chimie-Physique
PAUTHENET René	Physique du solide
PERRET René	Servomécanismes
POLOUJADOFF Michel	Electrotechnique
SILBER Robert	Mécanique des Fluides

PROFESSEUR ASSOCIE

M. ROUXEL Roland	Automatique
------------------	-------------

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. BLIMAN Samuel	Electronique
BOUVARD Maurice	Génie Mécanique
COHEN Joseph	Electrotechnique
LACOUME Jean-Louis	Géophysique
LANCIA Roland	Electronique
ROBERT François	Analyse numérique
VEILLON Gérard	Informatique Fondamentale et Appliquée
ZADWORYN François	Electronique

MAITRES DE CONFERENCES

MM. ANCEAU François	Mathématiques Appliquées
CHARTIER Germain	Electronique
GUYOT Pierre	Chimie Minérale
IVANES Marcel	Electrotechnique
JOUBERT Jean-Claude	Physique du solide
MORET Roger	Electrotechnique Nucléaire
PIERRARD Jean-Marie	Mécanique
SABONNADIÈRE Jean-Claude	Informatique Fondamentale et Appliquée
Mme SAUCIER Gabrièle	Informatique Fondamentale et Appliquée

MAÎTRE DE CONFÉRENCES ASSOCIÉ

M. LANDAU Ioan

Automatique

CHERCHEURS DU C.N.R.S. (Directeur et Maître de Recherche)

MM. FRUCHART Robert

Directeur de Recherche

ANSARA Ibrahim

Maître de Recherche

CARRE René

Maître de Recherche

DRIOLE Jean

Maître de Recherche

MATHIEU Jean-Claude

Maître de Recherche

MUNIER Jacques

Maître de Recherche

Je tiens à remercier

Monsieur le Professeur Bolliet, qui m'a fait l'honneur de présider le jury. Depuis 1971, où il m'a permis de travailler dans les équipes grenobloises, j'ai pu apprécier sa disponibilité et sa sollicitude constantes envers les jeunes chercheurs.

Monsieur Anceau, qui est à l'origine des idées contenues dans ce travail, idées qu'il est parvenu malgré quelques lenteurs de ma part à me faire partager. Son amitié encourageante et sa fermeté bienveillante m'ont toujours soutenu.

Monsieur Guiboud-Ribaud, qui a accepté d'être le rapporteur de cette thèse, et qui m'a aidé de ses conseils lors de la phase de rédaction.

Messieurs Kaiser et Krakowiak, qui m'ont fait l'honneur de participer au jury.

Je remercie également mes anciens collègues de l'équipe de Monsieur Anceau, en particulier M.M. Fortier, Poujoulat et Schoellkopf, qui m'ont souvent aidé à résoudre des problèmes matériels dus à mon éloignement géographique de Grenoble.

Enfin ma gratitude va aux services techniques de Madame Theis et de Monsieur Mallet à l'IRIA, de Monsieur Iglésias à l'ENSIMAG, pour la réalisation matérielle de cette thèse.

A mes parents, à Nicole, à Peggy

A la mémoire de Hervé Lucot et de Bernard Sans

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS
PLAN

I PREMIERE PARTIE

	Pages
<u>I.1. MOTIVATIONS.....</u>	3
I.1.1. LES BESOINS.....	4
I.1.2. Les solutions actuelles.....	4
I.1.3.1. Un bon modèle.....	6
I.1.3.2. Un bon langage algorithmique.....	8
I.1.3.3. Une implémentation économique et accessible.....	8
 <u>I.2. RAPPELS SUR LA TSH.....</u>	 9
I.2.1. APPORTS DE TSH A LA NOTION DE HIERARCHIE.....	10
I.2.1.1. Historique des hiérarchies.....	10
I.2.1.2. Formalisation de la hiérarchie des synchronisations.....	11
I.2.2. SEPARATION SYNCHRONISATION/EXECUTION.....	11
I.2.3. UNE DEFINITION SUCCINCTE DE LA TSH.....	13
I.2.3.1. La synchronisation dans SSH.....	13
I.2.3.2. Les inductions.....	17
I.2.3.2.1. Induction Directe.....	17
I.2.3.2.2. Induction Inverse.....	18
I.2.3.2.3. Induction de Libération.....	19
I.2.3.2.4. Induction de Réquisition.....	19
 <u>I.3. LE PASSAGE DE TSH A SSH.....</u>	 19
 <u>I.4. LE CAHIER DES CHARGES DE SSH.....</u>	 21
I.4.1. CARACTERISTIQUES SEMANTIQUES.....	21
I.4.1.1. Objets manipulés par SSH.....	22
I.4.1.2. 5 aspects principaux dans la sémantique de SSH.....	22
I.4.1.2.1. La structure du modèle.....	22

I.4.1.2.2. Primitives de synchronisation.....	23
I.4.1.2.3. Mécanismes d'induction.....	23
I.4.1.2.4. Mécanismes de contrôle.....	24
I.4.1.2.5. Les activités des noeuds.....	25
I.4.1.2.6. Séparation simulation du temps / description du modèle...	25
I.4.2. CARACTERISTIQUES LINGUISTIQUES.....	25
I.4.2.1. L'implémentation actuelle.....	25
I.4.2.2. Autres possibilités d'implémentation.....	26
I.4.2.3. Adressage de l'environnement d'un noeud.....	28
I.4.2.4. Concision.....	28
I.4.3. CARACTERISTIQUES OPERATIONNELLES.....	28

II DEUXIEME PARTIE

<u>II.1. DEFINITION D'UN PSEUDO-LANGAGE HÔTE P.L.....</u>	32
<u>II.2. CONVENTIONS POUR LA CONSTRUCTION DES NOEUDS SIMPLES.....</u>	33
II.2.1 NOTION D'EVENEMENT.....	33
II.2.2. LES DIFFERENTES CLASSES D'ALGORITHMES ATTACHEES AUX NOEUDS...	33
II.2.2.1. La classe de décision.....	34
II.2.2.2. La classe d'activité.....	34
II.2.2.3. La classe d'archivage.....	35
<u>II.3. DECLARATION D'UN NOEUD SIMPLE.....</u>	36
II.3.1. INSTRUCTION PERE.DE.....	36
II.3.2. INSTRUCTION ESPACE.LOCAL.....	36
II.3.3. FONCTIONS DE SERVICE COPIE, DETROIRE.....	38
II.3.4. INSTRUCTIONS ALGORITHMES.....	39
II.3.4.BIS ECRITURE DES ALGORITHMES DE DECISION-PERE.....	40
II.3.5. ECRITURE DES ALGORITHMES DECISION-FILS.....	41
II.3.6. NOEUDS SIMPLES ACTIFS ET INACTIFS.....	43
II.3.7. ECRITURE DES SOUS-PROGRAMMES D'ACTIVITE.....	44
II.3.8. EXEMPLES D'UTILISATION DE DUREE.....	45
II.3.9. EXTENSION DE DUREE.....	46
II.3.9.BIS INSTRUCTION REPRISE.....	47

II.3.10. NOTE SUR LA PROGRAMMATION DES ALGORITHMES D'ACTIVITE.....	47
II.4. RESUME SUR LES NOEUDS SIMPLES.....	50
II.5. LES NOEUDS SIMPLES STANDARD DE SSH.....	53
II.5.1. LE NOEUD LAMBDA.....	53
II.5.2. LE NOEUD PRIORITAIRE.....	54
II.5.3. LE NOEUD BARILLET.....	55
II.6. PREMIER EXEMPLE D'UTILISATION DES NOEUDS SIMPLES STANDARD.....	55
II.7. DEUXIEME EXEMPLE D'UTILISATION DES NOEUDS SIMPLES STANDARD.....	58
III LES NOEUDS MULTIPLES	
III.1. MOTIVATIONS.....	67
III.2. DEFINITION DES NOEUDS MULTIPLES.....	69
III.2.1. INSTRUCTION <u>COMPOSE.DE</u>	70
III.2.2. L'ALGORITHME DE DECISION DES NOEUDS MULTIPLES.....	73
III.2.2.1. Instruction <u>AFFECTER</u>	73
III.2.2.2. Instruction <u>DESAFFECTER</u>	74
III.2.2.3. Instruction <u>MUTER</u>	74
III.3. <u>POSSIBILITES DES NOEUDS MULTIPLES POUR OBSERVER L'ETAT DE</u> <u>LEUR FILS</u>	75
III.4. <u>PROPAGATION DE L'INDUCTION INVERSE DANS UNE HIERARCHIE DE</u> <u>NOEUDS MULTIPLES IMBRIQUES</u>	77
III.4.1. SOLUTION ADOPTEE.....	77
III.4.1.1. Instruction <u>SOUS-TRAITER</u>	78
III.4.1.2. Instruction <u>SUR-TRAITER</u>	78
III.4.2. DISCUSSION DES DIFFERENTES SOLUTIONS DE GESTION DES NOEUDS MULTIPLES.....	79
III.4.2.1. Position du problème.....	79

III.4.2.2. Exemple pratique.....	81
III.4.2.3. Solutions envisageables.....	83
III.4.2.4. Solution préférée.....	85
III.4.3. CONSTRUCTION D'UN NOEUD MULTIPLE STANDARD.....	85
III.4.4. EXEMPLE D'UTILISATION D'UN NOEUD MULTIPLE STANDARD.....	86
<u>III.5. NOEUDS AYANT PLUSIEURS PERES.....</u>	88
III.5.1. LA SOLUTION TSH.....	88
III.5.2. LA SOLUTION AVEC DES NOEUDS MULTIPLES.....	88
III.5.3. LA SOLUTION SIMPLISTE : LES NOEUDS DE TYPE RESSOURCE.....	89

IV QUATRIEME PARTIE

<u>IV.1. LANCEMENT ET ARRET DE LA SIMULATION.....</u>	93
IV.1.1. INSTRUCTION SIMULATION.....	93
IV.1.2. INSTRUCTION STOP.....	93
IV.1.3. EXEMPLES D'UTILISATION.....	93
<u>IV.2. L'INSTRUCTION CONFIE.A.....</u>	94
IV.2.3. EXEMPLES.....	95
IV.2.3.1. Exemple 1.....	95
IV.2.3.2. Exemple 2.....	96
<u>IV.3. L'INSTRUCTION CHANGER.VITESSE.....</u>	97
IV.3.1. MOTIVATIONS.....	97
IV.3.2. DEFINITION.....	99
IV.3.3. VITESSE LOCALE.....	100
IV.3.4. VITESSE GLOBALE.....	101
IV.3.5. MISE EN OEUVRE DE CHANGER.VITESSE.....	102
IV.3.5.1. Généralité de l'implémentation de CHANGER.VITESSE.....	102
IV.3.5.2. Induction des changements de vitesse.....	102
IV.3.5.3. Autres exemples d'utilisation de la vitesse.....	103
<u>IV.6. LE MODE D'EXECUTION DIFFEREE, OU "MODE D".....</u>	105
IV.6.1. INSTRUCTIONS PERMETTANT DE METTRE EN OEUVRE LE MODE "D".....	105
IV.6.2. EXEMPLES D'UTILISATION.....	106

V CINQUIEME PARTIE

<u>V.1. ETUDE DE CAS D'UNE UTILISATION REELLE DE SSH.....</u>	111
V.1.1. LE SYSTEME A SIMULER.....	111
V.1.2. LA SOLUTION SSH.....	115
 <u>V.2. TECHNIQUES DE COMMUNICATION UTILISATEUR-MODELE.....</u>	118
V.2.1. OUTILS GENERAUX.....	118
V.2.2. OUTILS SSH.....	118
V.2.2.1. Noeuds espions du temps et des événements.....	119
V.2.2.2. L'utilisateur considéré comme un noeud.....	121
 <u>V.3. PROBLEMES DE RECUEIL DES DONNEES ET d'ANALYSE DES RESULTATS....</u>	121
V.3.1. UN PROBLEME DE MESURES POUR LA SIMULATION.....	122
V.3.1.1. Difficulté du problème général.....	122
V.3.1.2. Cas particulier.....	124
V.3.1.3. Développements possibles.....	128
V.3.1.4. Exemple.....	128
 <u>V.4. UNE TECHNIQUE POUR INTERPRETER DES RESULTATS DE SIMULATION</u>	
<u>EN SSH.....</u>	130

VI SIXIEME PARTIE

<u>VI.1. L'ALGORITHME DE SIMULATION DU TEMPS.....</u>	137
VI.1.1. STRUCTURES DE DONNEES DE L'ALGORITHME.....	137
VI.1.2. FONCTIONS DE L'ALGORITHME.....	139
VI.1.3. ALGORITHME DE MISE A JOUR DE L'HEURE.....	140
VI.1.4. AUTRE IMPLEMENTATION POSSIBLE.....	141
VI.1.5. ORGANISATION DE LA GESTION DU TEMPS.....	141
 <u>VI.2. L'ALGORITHME DE SIMULATION DES INDUCTIONS.....</u>	143
VI.2.1. L'IMPLEMENTATION DE L'INSTRUCTION CONFIE.A.....	144
VI.2.2. LES INDUCTIONS DANS LES HIERARCHIES DE NOEUDS MULTIPLES	
IMBRIQUES.....	144
VI.2.3 L'INDUCTION INVERSE DANS L'ARBRE DES NOEUDS SIMPLES.....	145

<u>VI.3. PROGRAMMATION INVERSE DANS L'ARBRE DES NOEUDS SIMPLES.....</u>	146
VI.3.1. PREMIERE SOLUTION : APPEL PROCEDURAL RECURSIF.....	147
VI.3.2. DEUXIEME SOLUTION : UNE "RECURSIVITE FAIBLE".....	148
VI.3.3. TROISIEME SOLUTION : UNE IMPLEMENTATION "AD-HOC".....	150

VII SEPTIEME PARTIE

<u>VII.1. DEVELOPPEMENTS ENVISAGES POUR SSH.....</u>	153
VII.1.1. AJOUT DE FACILITES DE RECUEIL DES RESULTATS.....	153
VII.1.1.1. Instructions sur les types SSH.....	153
VII.1.1.2. Un type de variables "mesurables".....	154
VII.1.2. SIMULATION INTERNE A UN SYSTEME.....	154
<u>VII.2. DEVELOPPEMENTS D'APPLICATIONS DE QUELQUES ASPECTS DE LA TSH..</u>	156
VII.2.1. LA TSH EN TANT QUE RESEAU RENSEIGNE.....	156
VII.2.2. EXPLOITATION DE LA HIERARCHIE DES SYNCHRONISATIONS.....	156
<u>VII.3. CONCLUSION.....</u>	157

<u>BIBLIOGRAPHIE.....</u>	159
---------------------------	-----

ANNEXES

<u>A. PROGRAMMATION DES NOEUDS STANDARD DE SSH.....</u>	162
A.1. CONVENTIONS COMMUNES AUX NOEUDS SIMPLES LAMBDA ET PRIORITAIRE..	162
A.2. ALGORITHMES D'ACTIVITE.....	162
A.3. ALGORITHMES D'ARCHIVAGE.....	163
A.4. ALGORITHMES DE DECISION-FILS STANDARD.....	164
A.4.1. Algorithme de decision-fils lambda.....	164
A.4.2. Algorithme de décision-fils prioritaire.....	165
A.5. DECLARATION DES NOEUDS STANDARD.....	165
A.6. LE NOEUD STANDARD BARILLET.....	166
A.7. L'ALGORITHME DE DECISION DU NOEUD MULTIPLE STANDARD.....	168
A.8. REPRESENTATION GRAPHIQUE DES NOEUDS STANDARD.....	170
<u>B. LES INSTRUCTIONS DE SSH NON STRUCTURE.....</u>	173
<u>C. LE PROGRAMME D'IMPLEMENTATION DE SSH.....</u>	175