
Thèse

Présentée devant
L'Université Paul Sabatier (Sciences)

en vue de l'obtention du titre de
Docteur de l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Spécialité : **Informatique Industrielle**

par
Adel BENZINA
Ingénieur Génie Électrique ENIT - Tunis

Analyse et Conception des Systèmes Temps Réel : Translation d'une Approche Fonctionnelle à une Approche Orientée Objet

Soutenu le 16 décembre 1997, devant le jury :

Président :	R. VALETTE	Directeur de recherche CNRS
Rapporteurs :	J. P. BOUREY	Professeur des universités
	P. ESTRAILLIER	Professeur des universités
	J. J. SCHWARZ	Professeur des universités
Examineurs :	M. COURVOISIER	Professeur des universités
	J. PROUST	Chef de service, PSA Peugeot-Citroën
Directeur de thèse :	M. PALUDETTO	Maître de conférences

Rapport LAAS N° 97501
Thèse préparée au Laboratoire d'Analyse
et d'Architecture des Systèmes du CNRS.

7, avenue du Colonel Roche
31 077 Toulouse Cedex 4.

Avant-Propos

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (L.A.A.S) du C.N.R.S au sein du groupe Décision et Conduite dans les Systèmes de Production (D.C.S.P). A ce titre, je tiens à remercier Messieurs Alain Costes et Jean Claude Laprie, directeurs successifs du L.A.A.S, ainsi que Monsieur Jean Claude Hennet responsable du groupe D.C.S.P pour m'avoir accueilli et m'avoir ainsi permis d'effectuer mon travail de recherche.

Je remercie également Monsieur Robert Valette, Directeur de Recherche au C.N.R.S, pour ses remarques, ses conseils et pour avoir accepté de présider mon jury de soutenance.

Je tiens tout particulièrement à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de thèse, Monsieur Mario Paludetto, Maître de conférences à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, pour sa confiance, son soutien et ses idées. Que ce mémoire soit le témoignage de ma profonde reconnaissance.

Je suis également reconnaissant à Messieurs Jean Pierre Bourey, Professeur à l'École Centrale de Lille, Pascal Estrailhier Professeur à l'Université de Paris VI et Jean Jacques Schwarz Professeur à l'IUT A de l'Université Claude Bernard de Lyon, pour l'intérêt qu'ils ont accordé à mon travail et pour avoir accepté la lourde tâche d'en être les rapporteurs.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à Messieurs Marc Courvoisier Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse et Directeur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse ainsi que Monsieur Jacques Proust Chef du Service Mécatronique et Sécurité de Fonctionnement à la société PSA Peugeot-Citroën pour leurs remarques, leurs conseils et pour avoir accepté de prendre part à mon jury de soutenance.

Je remercie chaleureusement l'ensemble des membres du groupe D.C.S.P pour l'aide et la sympathie dont j'ai pu bénéficier tout au long de mon séjour au LAAS ainsi que Madame Eliane Dufour pour son efficacité et sa gentillesse.

Mes remerciements s'adressent également à tous les membres des services informatique, administratif, documentation, édition..., ceux qui, par leur efficacité, font que le LAAS est ce qu'il est.

Je ne saurais oublier tous mes amis, du LAAS et d'ailleurs, qui m'ont aidé et supporté tout au long de mon travail. Je pense particulièrement à Eric Zamaï, Nabil Ben Khalifa, Ahmed Braham, Dhia Ben Letaïfa, Jérôme Delatour, Isabelle Bazel, Christian Berty, Cyril Briand, Gilles Moncelet, Laurent Gallon, Isabelle Blum, Thierry Gayraud, Slim Abdellatif, Mohamed Jarraya, Loubna Yacoubi, Meriem Chater, Slim Khalbous, Mohamed El Yacobi, Khalil Drira, François Vernadat...

Enfin, je dédie ce travail à mes parents pour leur dévouement et pour leur soutien permanent.

Table des matières

	Introduction	1
I	Le génie logiciel pour les systèmes temps réel	5
I.1	Le génie logiciel	5
I.2	Les systèmes temps réel	8
I.3	Méthodologies d'analyse et de conception des systèmes temps réel . .	10
I.4	Une méthodologie fonctionnelle SA-RT et réseaux de Petri	12
I.5	Une méthodologie orientée objet HOOD et réseaux de Petri	19
I.6	Utilité d'un passage entre analyse fonctionnelle et analyse orientée objet	29
I.7	Conclusion	31
II	Méthodologies fonctionnelles et méthodologies orientées objet	33
II.1	Position de la communauté scientifique	33
II.2	Incompatibilités entre les deux approches	38
II.3	État de l'art	40
II.4	Propositions complémentaires	48
II.4.1	Assurer une forte cohésion interne et un faible couplage entre les objets	48
II.4.2	Une technique pour la répartition du contrôle	51
II.5	Conclusion	55

III	Représentation des diagrammes SA-RT à l'aide des réseaux de Petri	57
III.1	Utilité de la représentation par réseaux de Petri	57
III.2	Les différentes stratégies de représentation par réseaux de Petri	59
III.3	Objectifs et difficultés	62
III.4	Représentation des DFDs par réseaux de Petri	63
III.5	Exemple préliminaire	66
III.6	Les problèmes de représentation	66
III.7	Représentation des différents niveaux hiérarchiques	71
III.8	Représentation de l'aspect dynamique	74
III.9	Conventions de représentation	77
III.10	Conclusion	77
IV	Utilisation des réseaux de Petri en vue de la décomposition en objets	79
IV.1	Idée directrice	79
IV.2	Rappel sur les composantes conservatives et répétitives stationnaires	80
IV.3	Identification des objets	82
IV.3.1	Identification des objets à partir des DFDs	83
IV.3.2	Identification des objets à partir du réseau de Petri de contrôle	92
IV.3.3	Quelle approche adopter?	99
IV.4	Notions complémentaires	104
IV.5	Limites de l'utilisation des RdP pour la décomposition en objets	107
IV.6	Récapitulation de la démarche	108
IV.7	Perspectives d'automatisation de la démarche	110
IV.8	Conclusion	111
V	Perspectives de validation et d'évaluation des spécifications SA-RT	113
V.1	Les travaux sur la validations des spécifications SA-RT	114
V.2	Validation structurelle des DFDs	116
V.3	Étude d'un niveau de spécification à l'aide du graphe des marquages accessibles	120
V.4	Évaluations par les réseaux de Petri temporels	123

V.5	Évaluations à l'aide des réseaux de Petri temporisés stochastiques . . .	130
V.6	Conclusion	135
	Conclusions et Perspectives	137
	Annexe A - Étude de cas	139
	Références bibliographiques	153