Table des matières

Table des matières **9**

Introduction **13**
Enjeux de la vérification . . . 13
Méthodes formelles . . . 14
Vérification de modèles . . . 15
Modélisation : Des formalismes de description . . . 16
Vérification : Des problèmes d'algorithmique . . . 17
Implémentation : Du modèle au système réel . . . 18
Modèles étudiés dans la thèse . . . 18
Des modèles temporisés 18
... et aussi distribués . . . 19
Impact de la combinaison des deux aspects . . . 19
Contributions de la thèse . . . 20
Étude des formalismes de modélisation . . . 20
Algorithmique de la Vérification . . . 22
Implémentabilité . . . 23
Plan de la thèse . . . 23

I Modèles Temporisés **25**

1 Automates temporisés **27**
1.1 Préliminaires . . . 27
1.1.1 Quelques éléments de mathématiques . . . 27
1.1.2 Alphabet, mots temporisés et mots de délais . . . 28
1.1.3 Horloges, valuations, remises à zéro et contraintes d'horloges . . . 29
1.1.4 Intervalles de temps . . . 31
1.2 Systèmes de transitions temporisés . . . 31
1.2.1 Définitions . . . 31
1.2.2 Composition . . . 33
1.2.3 Comparaison . . . 34
1.3 Automates temporisés d'Alur et Dill . . . 35
1.4 Problème d'accessibilité, problème du vide . . . 38
1.4.1 Pourquoi ces problèmes sont équivalents et fondamentaux . . . 38
1.4.2 Décidabilité des automates temporisés . . . 39

1.4.3 Automate des régions . . . 40
1.5 Extensions du modèle d'Alur et Dill . . . 41
1.5.1 Transitions silencieuses . . . 41
1.5.2 Mises à jour d'horloges . . . 42
1.5.3 Contraintes d'horloges diagonales . . . 44
1.6 Réseaux d'automates temporisés . . . 46
1.7 Outils existants . . . 51

2 Extensions temporisées des réseaux de Petri 53
2.1 Réseaux de Petri . . . 53
2.1.1 Préliminaires . . . 53
2.1.2 Définition . . . 54
2.1.3 Résultats classiques . . . 57
2.2 Réseaux de Petri temporels . . . 58
2.2.1 Définition . . . 58
2.2.2 Travaux existants . . . 60
2.3 Réseaux de Petri temporisés . . . 62
2.3.1 Définition . . . 62
2.3.2 Travaux existants . . . 64
2.4 Conclusion . . . 66

II Propriétés et Comparaison de Modèles Temporisés 67

3 Résultats d'indécidabilité pour les automates temporisés avec transitions silencieuses 69
3.1 Introduction . . . 69
3.2 Préliminaires . . . 70
3.3 S'affranchir des transitions silencieuses . . . 72
3.4 Déterminisation, complémentation . . . 74
3.4.1 Cas d'un alphabet ayant trois lettres ou plus . . . 75
3.4.2 Cas d'un alphabet de deux lettres . . . 77
3.5 Minimisation du nombre d'horloges . . . 79
3.6 Opération de « mélange » . . . 82
3.7 Extension aux mots infinis . . . 85
3.8 Conclusion . . . 87

4 Des automates temporisés étendus vers les réseaux de Petri temporels 89
4.1 Introduction . . . 89
4.2 Cas d'un automate temporisé étendu . . . 91
4.2.1 Présentation de la construction . . . 91
4.2.2 Preuve de correction . . . 97
4.2.3 Résultats de complexité et de concision . . . 99
4.3 Cas d'un réseau d'automates temporisés avec invariants . . . 101
4.3.1 Prise en compte des invariants . . . 101
4.3.2 Synchronisation . . . 101
4.4 Conclusion . . . 102