

**Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie  
PARIS VI**

Spécialité

**INFORMATIQUE**

présentée par

**Philippe DARCHE**

pour l'obtention du titre de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS VI**

---

**Le Paradigme Acteur appliqué aux Systèmes Embarqués Communicants :  
ActNet, un Réseau d'Acteurs Robotiques**

---

Soutenue le 2 Mars 1994

Devant le jury composé de :

Claude Girault	Président
Hong Hoang Quang	Rapporteur
Martial Vivet	Rapporteur
Philippe Coiffet	Examineur
Pascal Estrailier	Examineur
Marie-France Le Roch	Examineur
Jean-Daniel Nicoud	Examineur

## Résumé

Notre étude concerne un réseau d'acteurs matériels et logiciels. La notion d'acteur est une approche récente du parallélisme empruntée au modèle des organisations sociales, qui permet de résoudre naturellement les problèmes classiques des architectures distribuées en combinant les notions d'objet, de message, et d'activité. Nous avons appliqué ce concept à la robotique avec un réseau d'acteurs robotiques mobiles et sédentaires communicants : le système **ActNet** (Actors Network ou réseau d'acteurs).

Nous proposons une réalisation de ce système en vue d'applications dans le domaine de l'enseignement sous la forme d'un outil pédagogique pour l'apprentissage des notions du parallélisme et de la communication. Ce système pourrait aussi servir comme plate-forme de développement pour la robotique mobile, appliquée particulièrement à l'Intelligence Artificielle Décentralisée, car nous offrons les couches matérielles et logicielles nécessaires pour supporter un développement système et/ou langage en Lisp, Smalltalk, ou Prolog. Une carte générique de contrôle à base du transputer et un robot mobile prototype "le Tatou" avec toutes ses cartes électroniques ont été développés.

**Mots-clés :** acteur, robotique mobile, robotique pédagogique, réseaux locaux radio-fréquences, transputer

## Abstract

Our work concerns a hardware and software actors network. The notion of actor is a recent parallelism approach based on the model of social organisations, which allows one to naturally resolve classical problems of distributed architectures by combining the notions of object, message and activity. We have applied this concept to robotics with a network of communicating mobile and sedentary robotic actors : the **ActNet** network.

We propose an implementation of this system to be used as a pedagogical tool to learn the notions of parallelism and communication. This system could also be used as a framework for the development of mobile robotics, especially applied to Decentralized Artificial Intelligence, as we provide hardware and software layers necessary to support the development of systems and/or languages in Lisp, Smalltalk or Prolog. A transputer based generic control board and a mobile robot prototype, "Tatou", with all its electronic boards have been developed.

**Mots-clés :** actor, mobile robotics , pedagogical robotics, wireless local network, transputer

# TABLE DES MATIERES

<b>Introduction</b> .....	1
1. L'enseignement du parallélisme .....	1
2. La robotique mobile et réactive .....	3
3. ActNet .....	4
4. Organisation de la thèse .....	4
<b>Chapitre I : ActNet</b> .....	7
1. Introduction .....	9
2. Paradigme acteur.....	9
2.1. Modèle de base d'Hewitt.....	10
2.2. Modèle de base d'Agha.....	11
2.3. Langages d'acteurs .....	12
2.3.1. Plasma .....	12
2.3.2. Le modèle ABCL/1 .....	12
2.3.3. Actalk.....	12
2.3.4. Mering IV.....	13
2.4. Caractéristiques générales .....	13
2.5. Implémentation Système.....	14
3. Modèle acteur matériel.....	14
3.1. Définition.....	14
3.2. Comportement .....	15
3.3. Spécificités de l'acteur matériel.....	17
3.4. Communication.....	18
3.5. Architecture matérielle.....	24
4. Réseau virtuel .....	24
4.1. Définition.....	24
4.2. ActNet comme un micro-monde.....	26
4.3. Groupe de communication.....	25
4.4. Topologie.....	30
5. Conclusion .....	32
<b>Chapitre II : Architecture matérielle des acteurs robotiques</b> .....	33
1. Introduction .....	35
2. Robotique mobile.....	35
2.1. Définition.....	36
2.2. Architecture de contrôle .....	38
2.3. Coopération .....	39
2.4. Exemples .....	40
3. Robot et robotique pédagogique.....	42
3.1. Définition de la robotique pédagogique.....	42
3.2. Définition d'un robot pédagogique.....	42
3.3. Etude de l'interface de commande.....	43
3.3.1. Classification des robots pédagogiques .....	43
3.3.2. Liaison interface-robot .....	44

3.3.3. Liaison ordinateur-interface .....	45
4. Contrôle des acteurs matériels .....	45
4.1. La carte générique.....	46
4.2. Le choix du micro-processeur .....	50
4.3. Analyse d'une interruption.....	51
5. Le robot mobile "Tatou" .....	53
5.1. Méthode de description.....	55
5.2. Caractéristiques mécaniques générales .....	55
5.3. Constitution générale.....	56
5.4. Groupe Contrôle.....	56
5.5. Groupe Entrée-sortie .....	58
5.6. Groupe Propulsion .....	60
5.7. Groupe Capteurs.....	61
5.8. Groupe Impression.....	64
5.9. Groupe Energie.....	68
5.9.1. Sources d'énergie.....	69
5.9.1.1. Sources régulées externe et interne.....	69
5.9.1.2. Source externe .....	69
5.9.1.3. Sources internes .....	69
5.9.1.4. Couplage source externe et sous-groupe alimentation interne .....	71
5.9.2. Le système de surveillance.....	71
5.9.3. Le sélecteur d'alimentation.....	72
5.9.4. Le chargeur.....	73
5.9.5. Le convertisseur .....	74
5.10. Modélisation.....	75
5.10.1. Le Model_Unit .....	75
5.10.2. L'Actor_Unit.....	76
5.10.3. Modélisation du robot mobile .....	79
6. Le robot bras .....	79
6.1. Mécanique.....	79
6.2. Interface électronique.....	80
6.3. Commande.....	81
7. Uniformisation des E/S .....	81
7.1. Etude matérielle .....	82
7.2. Proposition d'interface uniformisée .....	83
7.2.1. L'alimentation.....	83
7.2.2. Les entrées-sorties.....	83
7.2.3. Interfaces de communication .....	84
7.2.4. Interface logicielle .....	84
8. Conclusion .....	85
<b>Chapitre III : Le Système de Communication .....</b>	<b>87</b>
1. Introduction.....	89
1.1. Modélisation d'une communication.....	89
1.2. Rappel des contraintes.....	90
2. Techniques radio-fréquences.....	90
2.1. Modulations.....	91
2.1.1. Modulations discrètes.....	93
2.1.2. Modulation par étalement de spectre .....	93
2.1.3. Les modulations MSK et GMSK.....	94

2.1.4. Conclusion .....	95
2.2. Principe d'émission-réception.....	95
2.2.1. Emission.....	95
2.2.2. Réception.....	97
2.2.3. Antenne.....	99
2.2.4. Duplexeur .....	100
2.3. Synthèse digitale de fréquence.....	101
2.3.1. Boucle à verrouillage de phase.....	102
2.3.2. L'oscillateur contrôlé en fréquence.....	104
2.3.3. Principe de la synthèse de fréquence.....	105
2.3.4. Synthèse numérique directe.....	106
3. Etat de l'art des réseaux radio-fréquences .....	106
3.1. Les normes .....	108
3.2. Présentation de réseaux .....	110
3.2.1. Le réseau DECT .....	110
3.2.2. Le réseau cellulaire digital .....	110
3.2.3. La norme Tetra.....	111
3.2.4. Le réseau domotique CEBus.....	111
4. Sous-réseau d'acteurs mobiles.....	111
4.1. Spécificités d'ActNet.....	111
4.2. Interface d'entrée-sortie.....	114
4.3. Choix technologiques .....	117
4.4. Types de communication.....	118
4.4.1. Communication duplex à une antenne .....	118
4.4.2. Communication duplex à deux antennes.....	122
4.4.3. Communication simplex ou à l'alternat .....	125
5. Sous-réseau d'acteurs sédentaires .....	127
6. Passerelle.....	128
7. Conclusion .....	128
<b>Chapitre IV : Architecture logicielle.....</b>	<b>131</b>
1. Introduction .....	133
2. Etat de l'art des systèmes.....	133
2.1. Le temps réel .....	133
2.2. L'approche noyau monolithique .....	135
2.3. L'approche micro-noyau multi-serveurs .....	135
3. Architecture logicielle de l'acteur matériel .....	136
3.1. Couche entrée/sortie.....	138
3.1.1. Sous-couche matériel.....	138
3.1.2. Sous-couche réflexe.....	138
3.2. Couche Système.....	138
3.2.1. Sous-couche interruption .....	138
3.2.2. Sous-couche micro-noyau.....	139
3.2.3. Sous-couche serveur .....	139
3.3. Communication.....	140
3.3.1. Réseau .....	140
3.3.2. ATM .....	141
3.3.3. Graphe de liaison .....	143
3.4. Couche application : Méta-Vlisp.....	145
3.4.1. Caractéristiques.....	147
3.4.2. Implémentation de Méta-Vlisp sur Transputer .....	148

4. Conclusion .....	148
<b>Conclusions et Perspectives .....</b>	<b>151</b>
Evolutions futures .....	154
<b>Annexes : Schémas électroniques et Mécaniques .....</b>	<b>157</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>225</b>
<b>Glossaire .....</b>	<b>237</b>