

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université El Hadj Lakhdar Batna



**Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département d'Electronique**

Option : Robotique

Mémoire

Présenté par :

Mezaache Hatem

Ingénieur d'état en Electronique, Option Contrôle Université de Batna

Mémoire soumis en vue de l'obtention du Diplôme de

Magister

THEME

**Les réseaux de Neurones formels
Et Les systèmes Neuro-Flous
Pour l'apprentissage par renforcement**

Soutenu le : 03/07/2008

Jury d'Examen :

Dr : Lamir Saidi

Dr : Foudil Abdessemed

Dr : Yassine Abdessemed

Dr : Ahmed Louchene

Dr : Djamel Eddine Ameddah

Dr : Khair-Eddine Chafaa

Maître de Conférences Université de Batna

Maître de Conférences Université de Batna

Maître de Conférences Université de Batna

Maître de Conférences Université de Batna

Maître de Conférences Université de Batna

Maître de Conférences Université de M'sila

Président.

Rapporteur.

Co -Rapporteur.

Examineur.

Examineur.

Examineur.

Année universitaire: 2007/2008

REMERCIEMENT

En premier lieu, je remercie DIEU de m'avoir aidé et donner la force et la volonté pour achever ce modeste travail.

*Par la suite ce travail a été réalisé sous la direction du monsieur **Foudil Abdessemed** qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements, pour ses encouragements, son aide, ses conseils précieux et aussi ses idées pour la réalisation de ce mémoire.*

*J'adresse aussi mes sincères remerciements à monsieur **Ahmed Louchene** de m'avoir autorisé l'accès au **Laboratoire d'Electronique Avancée**.*

Je tiens aussi à remercier, les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail :

*-- M^{er}. **Lamir Saidi**, Maître de Conférences à l'université de Batna, pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury.*

*- M^{er}. **Foudil Abdessemed**, Maître de Conférences à l'université de Batna, d'avoir accepté la lourde tâche d'être rapporteur.*

*- M^{er}. **Yassine Abdessemed**, Maître de Conférences à l'université de Batna, d'avoir accepté la lourde tâche d'être co-rapporteur.*

*- M^{er}. **Ahmed Louchene**, Maître de Conférences à l'université de Batna, d'avoir accepté d'être examinateur.*

*- M^{er}. **Djamel Eddine Ameddah**, Maître de Conférences à l'université de Batna, d'avoir accepté d'être examinateur.*

*- M^{er}. **Khair-Eddine Chafaa**, Maître de Conférences à l'université de M'sila, d'avoir accepté d'être examinateur.*

Et enfin, je tien aussi à remercier ma femme pour ses encouragements et sa grande patience avec moi, pour la réalisation de ce modeste travail.

M. Hatem

Dédicace

À la mémoire de ma très, très, très chère mère.

À ma femme et mes très chers petits enfants :

Bahia Rayane, Oussama Islam et Ritedj Hibatou Allah.

À ma très chère grande mère et mon père.

À mes très chers frères Walid, Abdel Aziz , Larbi et sa petite Hafssa.

À toutes ma famille.

*À tout mes Amis surtout D. Mohamed, A. Kamel, M. Abdelhamid, K. Fouzi,
B. Abdessalem, D. Djalel, Z. Ghania et D. Salima.*

Et à ma belle aimée

l'Algérie.

M. Hatem

Sommaire

Introduction Générale.

Chapitre 1

Apprentissage par renforcement

| | |
|---|----|
| 1.1- Introduction | 01 |
| 1.2- C'est quoi l'apprentissage | 01 |
| 1.2.1-L'apprentissage supervisé | 01 |
| 1.2.2- L'apprentissage non supervisé | 02 |
| 1.2.3- L'apprentissage par renforcement | 02 |
| 1.3- Problème d'apprentissage par renforcement | 02 |
| 1.3.1- Principe | 02 |
| 1.3.2- Formalisation | 03 |
| 1.3.3- Processus Décisionnels de Markov | 03 |
| 1.3.3. a- Politique | 04 |
| 1.3.3. b- Fonctions valeur | 05 |
| 1.3.3. c- Fonction «Valeur - état» | 05 |
| 1.3.3. d- Fonction «valeur état - action» | 06 |
| 1.3.3. e- Fonction de valeur optimale | 06 |
| 1.4- Système d'apprentissage par renforcement | 07 |
| 1.4.1-Agent | 07 |
| 1.4.2- Le temps | 07 |
| 1.4.3- Les états | 08 |
| 1.4.4- Les actions | 08 |
| 1.4.5- Le signal ou la fonction de renforcement | 08 |

| | |
|--|----|
| 1.4.6- L'environnement | 09 |
| 1.5- Méthodes de résolution..... | 10 |
| 1.5.1- Méthode de la Programmation Dynamique | 11 |
| 1.5.1. a- Evaluation d'une politique..... | 11 |
| 1.5.1. b- Amélioration d'une politique..... | 12 |
| 1.5.2- Méthode de Monté Carlo..... | 13 |
| 1.5.3- Méthode de Différence Temporelles..... | 14 |
| 1.5.3. a -Q-Learning..... | 15 |
| 1.6- Conclusion..... | 17 |

Chapitre 2

Système d'inférence floue et le Q Learning floue

| | |
|---|----|
| 2.1-Introduction | 18 |
| 2.2- Rappel sur la logique flou..... | 18 |
| 2.2.1-Structure générale des systèmes d'inférence flou | 19 |
| 2.2.1. a- Base de connaissance..... | 19 |
| 2.2.1. b- Moteur d'Inférence | 20 |
| 2.2.1. c- Interface de Fuzzification | 20 |
| 2.2.1. d- Interface de Défuzzification | 20 |
| 2.3-Type des Systèmes d'Inférence Flou (SIF) | 20 |
| 2.3.1- SIF de type Mamdani | 21 |
| 2.3.2- SIF de type Takagi – Sugeno | 22 |
| 2.4-Caractéristiques d'un système d'inférence flou | 23 |
| 2.4.1- Caractéristiques structurelles..... | 23 |
| 2.4.2- Caractéristiques paramétriques..... | 24 |
| 2.5-L'apprentissage par renforcement de système d'inférence flou..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 2.5.1- L'algorithme Fuzzy Q-Learning | 24 |
| 2.5.2-Extraction de connaissance | 25 |
| 2.5.3-Fusion des connaissances | 26 |
| 2.5.4-Mise à jour des qualités | 28 |
| 2.6-Exemple d'application..... | 29 |
| 2.6.1- Système d'Inférence Floue | 30 |
| 2.6.2-Modèle du robot | 30 |
| 2.6.3-Fonction de renforcement..... | 31 |
| 2.6.4- Q-Learning floue | 31 |
| 2.7- Conclusion | 32 |

Chapitre 3

Réseaux de neurones artificiels

| | |
|---|----|
| 3.1- Introduction | 33 |
| 3.2- Neurone Biologique..... | 33 |
| 3.3- Neurone formel..... | 34 |
| 3.3.1- Poids de connexion..... | 35 |
| 3.3.2- Les entrées | 35 |
| 3.3.3- Fonction d'activation..... | 35 |
| 3.3.3. a- Fonction Seuil | 35 |
| 3.3.3. b- Fonction linéaire | 36 |
| 3.3.3. c- Fonction Linéaire à seuil..... | 37 |
| 3.3.3. d- Fonction sigmoïde | 37 |
| 3.3.4- Fonction de sortie | 37 |
| 3.4- Description mathématique..... | 38 |
| 3.5-Réseaux de neurones artificiels | 39 |

| | |
|--|----|
| 3.6-Différentes types de réseaux de neurones artificiels | 39 |
| 3.6.1- Les réseaux proactifs | 40 |
| 3.6.1. a- Les réseaux proactifs monocouches | 40 |
| 3.6.1. b- Réseaux proactifs multicouches | 41 |
| 3.6.2- Réseaux récurrents..... | 42 |
| 3.7- Quelques Modèles des Réseaux de Neurones Artificiels | 43 |
| 3.7.1- Les cartes auto organisatrices de Kohonen | 43 |
| 3.7.2- Les réseaux de Hopfield..... | 43 |
| 3.7.3- Les réseaux ART | 44 |
| 3.7.4- Le modèle Adeline | 44 |
| 3.7.5- Le perceptron multicouches | 45 |
| 3.7.5. a- Le perceptron monocouche..... | 45 |
| 3.7.5. b-Les perceptrons multicouches | 45 |
| 3.8-Apprentissage | 45 |
| 3.9-Algorithmes de rétro propagation du gradient | 46 |
| 3.9.1- Principe..... | 46 |
| 3.9.2- Algorithme..... | 47 |
| 3.9.2. a- Définition du réseau..... | 47 |
| 3.9.2. b- Les Etapes de l'algorithme | 48 |
| 3.9.3- Sommaire de l'algorithme Rétropropagation de l'erreur | 49 |
| 3.10- Application des réseaux de neurones | 49 |
| 3.11- Conclusion..... | 50 |

Chapitre 4

Conception d'un système d'apprentissage par renforcement

| | |
|------------------------|----|
| 4.1-Introduction | 51 |
|------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 4.2-Description des fonctions du système d'apprentissage par renforcement..... | 51 |
| 4.2.1- Environnement | 51 |
| 4.2.2-Fonction de renforcement..... | 52 |
| 4.2.3-Fonction de valeur | 52 |
| 4.3- Approximation de la fonction valeur..... | 52 |
| 4.4-Génération de la fonction valeur | 54 |
| 4.4.1-Tableau de consultation..... | 54 |
| 4.4.2- Réseau de Neurones Artificiel..... | 56 |
| 4.5-Conclusion | 60 |

Chapitre 5

Application et résultats

| | |
|---|----|
| 5.1-Introduction | 62 |
| 5.2-Architecture du système Apprentissage par renforcement proposé..... | 62 |
| 5.2.1- Environnement | 63 |
| 5.2.2- Fonction du renforcement | 67 |
| 5.2.3- Fonction de valeur | 67 |
| 5.2.4-Fonction de sélection d'action..... | 69 |
| 5.3-Apprentissage du réseau | 70 |
| 5.3.1- La couche de sortie..... | 70 |
| 5.3.2- La couche cachée..... | 70 |
| 5.4-Modèle du Robot | 71 |
| 5.4.1- La position du robot | 72 |
| 5.4.2- L'orientation du robot | 72 |
| 5.4.3- la vitesse linière du robot..... | 72 |
| 5.4.4- La variation de θ | 72 |

| | |
|---|----|
| 5.5-Algorithmme et résultat de simulation | 73 |
| 5.5.1- Algorithmme..... | 73 |
| 5.5.2- Quelques Résultats de simulation..... | 74 |
| 5.6- Conclusion..... | 76 |

Conclusion Générale.

Liste des Figures.

Liste des Tableaux.

Bibliographie.