



THESE

En vue d'obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE SIDI MOHAMED BENABDELLAH

Discipline : **Informatique**

Spécialité : **Informatique et Recherche Opérationnelle**

Préparée à l'UFR Calcul Scientifique et Informatique, Science de l'Ingénieur de la Faculté des
Sciences et Techniques de Fès

Par : Mr. Youssef GHANOU

Optimisation des architectures dans des réseaux de neurones artificiels et apprentissage Application à l'imagerie médicale

Directeur de thèse : Mohamed ETTAOUIL

Soutenue le Samedi 19 juin 2010 devant le jury :

Nom & Prénom	Grade	Etablissement	
Mohcine ZOUAK	PES	Faculté des Sciences et Techniques Fès	Président
Youssef BENADADA	PES	ENSIAS Rabat	Rapporteur
Ahmed ROUKHE	PES	Faculté des Sciences Meknès	Rapporteur
Mohamed MASRAR	PES	Faculté des Sciences et Techniques Fès	Examineur
Anass NAGIH	PR	Université Paul Verlaine Metz France	Examineur
Gérard PLATEAU	PR	Université Paris 13 France	Examineur
Mohamed ETTAOUIL	PES	Faculté des Sciences et Techniques Fès	Directeur

RESUME

Le problème d'optimisation des architectures neuronales et d'apprentissage sont des problèmes très difficiles et il est impossible de les séparer. L'optimisation des architectures ne se fait que par essai et par erreur ou par les méthodes constructives et destructives en se basant sur des heuristiques. Cette thèse s'articule principalement autour de trois contributions :

- La première contribution constitue l'une des principales originalités de notre travail. Dans ce cadre, nous proposons une nouvelle modélisation du problème d'optimisation des architectures neuronales du perceptron multi-couches en terme d'un problème d'optimisation non linéaire soumis à une contrainte linéaire et à variables mixtes. Notre étude s'est ensuite exclusivement consacrée à la résolution des modèles non linéaires via les algorithmes génétiques.
- La seconde principale originalité réside dans la détermination optimale de paramètres des cartes topologiques de Kohonen. Dans ce cadre, nous proposons une nouvelle modélisation du problème d'optimisation d'architecture neuronale de Kohonen en terme d'un problème d'optimisation non linéaire avec contraintes et à variables mixtes. Pour résoudre le modèle d'optimisation envisagé, nous privilégions les méthodes heuristiques, ce qui représente un premier pas justifié, suivi d'une descente de gradient stochastique. Une étude expérimentale est proposée pour tester la méthode proposée par rapport à d'autres méthodes existantes dans le domaine de la classification.
- La troisième contribution montre finalement l'apport des nouvelles modélisations par rapport à d'autres méthodes existantes dans la littérature pour le problème de la compression et du filtrage des images médicales.

Pour maximiser les performances des réseaux de neurones artificiels, nous avons cherché un compromis entre la qualité de l'apprentissage et l'optimisation de l'architecture neuronale.

Mots clés : Réseaux de neurones artificiels, Optimisation des architectures neuronales, Perceptron multi-couches, Carte topologique de Kohonen, Optimisation mixtes non linéaire, Algorithmes génétiques, Classification, Imagerie médicale, Compression, Filtration.

TABLES DES MATIERES

Avant propos	2
Remerciements	3
Tables des matières	6
Liste des figures	11
Liste des tableaux	14
Introduction générale	16

PARTIE I: RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS ET OPTIMISATION NON LINEAIRE

Chapitre I : Réseaux de neurones artificiels.....	21
1. Introduction.....	21
2. Réseaux de Neurones Artificiels RNA et apprentissage	22
2. 1. Différentes architectures neuronales.....	24
2. 2. Architecture d'un Perceptron.....	26
2. 2. 1. Perceptron simple.....	26
2. 2. 2. Perceptron Multi-Couches PMC.....	27
2. 3. Fonction de transfert du réseau	28
2. 4. Propriétés d'approximation universelles.....	30
2. 5. Apprentissage.....	30
2. 5. 1. Apprentissage supervisé du perceptron	30
2. 5. 2. Apprentissage par des règles paramétriques	31
2. 5. 3. Estimation par la méthode du maximum de vraisemblance	32
2. 5. 4. Formulation stochastique du problème d'apprentissage.....	32
3. Problème d'optimisation d'architecture du PMC.....	35
3. 1. Sélection de variables	35
3. 1. 1. Mesure de pertinence	36
3. 1. 2. Procédure de recherche	36
3. 1. 3. Critères d'arrêt.....	37

3. 1. 4. Sélection de variables par régularisation	37
3. 1. 5. Sélection de variable par l'heuristique HVS.....	38
3. 2. Sélection de l'architecture d'un réseau	39
3. 2. 1. Méthodes sélection d'architectures ascendantes et descendantes.....	39
3. 2. 2. Méthodes proposées pour l'optimisation d'architectures neuronales	40
4. Exemple : Application du PMC au Problème de Satisfaction de Contraintes	41
4. 1. Problème de Satisfaction de Contraintes	41
4. 2. Architecture du réseau pour le CSP	42
5. Architectures des cartes topologiques de Kohonen.....	43
5. 1. Fonctionnement du modèle neuronal de Kohonen	43
5. 2. Objectif du réseau de Kohonen.....	44
5. 3. Quantification par les cartes topologiques auto-organisatrices	45
5. 4. Apprentissage de la carte topologique	46
5. 4. 1. Apprentissage non supervisé.....	46
5. 4. 2. Apprentissage compétitif	47
5. 4. 3. Algorithme d'apprentissage de Kohonen.....	48
5. 4. 4. Réseaux à dictionnaires LVQ (Learning Vector Quantization).....	51
6. Optimisation des architectures des cartes topologiques de Kohonen.....	52
6. 1. Sélection de variables	52
6. 2. Sélection d'architecture	52
6. 3. Neuronal Gaz croissant.....	52
6. 3. 1. Approches proposées d'optimisation d'architecture des cartes topologique.....	53
7. Généralisation et Estimation des performances	53
7. 1. Position du problème du sur-apprentissage	54
7. 2. Prétraitement et initialisation des paramètres	54
7. 3. Validation croisée de l'apprentissage	54
7. 4. Régularisation	55
8. Conclusion	56
Chapitre II : Optimisation non linéaire à variables mixtes	57
1. Introduction.....	57
2. Description des problèmes d'optimisation	58
3. Méthodes d'optimisation exactes	61
3. 1. Méthode d'approximations externes.....	61
3. 2. Dualité en programmation non linéaire	64

4. Réseaux de Hopfield sans apprentissage pour l'optimisation	65
4. 1. Réseaux de Hopfield discret	65
4. 1. 1. Fonction d'énergie pour l'optimisation combinatoire	67
4. 1. 2. Fonctionnement du réseau de Hopfield discret pour l'optimisation.....	68
4. 1. 3. Les étapes de la résolution	69
4. 2. Réseaux de Hopfield continue (CHN)	69
4. 2. 1. Fonctionnement du réseau de Hopfield continu pour l'optimisation.....	70
4. 2. 2. Exemple d'application : Placement dans les circuits intégrés	72
5. Algorithmes génétiques	74
5. 1. Codage des individus	74
5. 2. Procédures des Algorithmes Génétiques AG.....	75
6. Conclusion	79

PARTIE II: OPTIMISATION DES ARCHITECTURES NEURONALES ET APPLICATION A L'IMAGERIE MEDICALE

Chapitre III : Optimisation de l'architecture d'un perceptron multi-couches.....	83
1. Introduction.....	83
2. Etat de l'art	84
3. Motivation	85
4. Approche proposée pour l'optimisation d'architecture du perceptron	86
4. 1. Présentations et définitions	86
4. 2. Architecture.....	87
4. 3. Problème d'optimisation d'architecture.....	89
4. 4. Modélisation du problème d'optimisation de l'architecture neuronale	89
4. 5. Modélisation générale du problème d'optimisation d'architecture	97
4. 6. Résolution du modèle non linéaire obtenu (P) via les AGs	99
5. Résultats expérimentaux et évaluation	106
5. 1. Evaluation des performances	106
5. 2. Tests numériques	106
5. 3. Discussions	108
6. Conclusion	110
Chapitre IV : Optimisation de l'architecture des Cartes Topologiques de Kohonen ...	112

1. Introduction.....	112
2. Etat de l'art	113
3. Motivation	113
4. Approche proposée pour l'optimisation de l'architecture des cartes auto-organisatrices.....	114
4. 1. Modélisation du problème d'optimisation d'architecture neuronale	115
4. 2. Résolution du problème d'optimisation d'architectures (PP).....	119
4. 2. 1. Méthodes des Approximations Externes AE	119
4. 2. 2. Difficultés rencontrées	122
4. 2. 3. Résolution du problème obtenu (PP) via les AGs	123
4. 3. Algorithme proposé	126
5. Approche proposée et classification	128
5. 1. Positon du problème de la classification.....	128
5. 2. Classification par la méthode proposée	129
5. 3. Résultats expérimentaux et discussions	130
5. 3. 1. Normalisation et prétraitement des données	130
5. 3. 2. Tests numériques	130
5. 4. Comparaisons et discussions.....	132
6. Conclusion	133
Chapitre V : Réseaux de neurones artificiels pour la compression et la filtration d'images médicales.....	135
1. Introduction.....	135
2. Etat de l'art	135
3. Etapes de la compression des images médicales	136
3. 1. Transformation des données de l'image	136
3. 2. Quantification	136
3. 3. Codage (sans pertes)	137
4. Compression de l'imagerie médicale	137
4. 1. Dictionnaire pour la compression d'image	138
4. 2. Qualité de la compression de l'image	139
5. Algorithme de la construction du dictionnaire pour la compression d'image	141
5. 1. Algorithme de la construction du dictionnaire par le réseau de Kohonen	142
6. Filtration de l'image médicale comprimée par le perceptron multi-couches	145
7. Compression et filtration des images via les approches proposées.....	146

7. 1. Architecture de Kohonen optimisée pour la compression de l'image	146
7. 2. Optimisation de l'architecture de perceptron pour la filtration de l'image	149
7. 3. Evaluation des approches proposées et discussions.....	152
7. 4. Système neuronal multi-modal proposé.....	154
8. Conclusion	155
Conclusion générale	158
Annexe 1 : Apprentissage du perceptron simple	164
Annexe 2 : Algorithme de rétropropagation	169
Annexe 3 : Classification par le perceptron	170
Annexe 4 : Classification par Réseaux à Fonction Radiale de Base (RBF).....	172
Annexe 5 : Elagage par perturbation de la fonction de coût	174
Bibliographie	178
Publications.....	191
Résumé	193