

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**  
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie  
Laboratoire de Physique de la Terre



# MEMOIRE

Présenté par

**MIHOUBI ABDELHAFID**

En vue de l'obtention du diplôme de

**MAGISTER**

Spécialité : **TRAITEMENT DU SIGNAL**  
Option: **GÉOPHYSIQUE et TRAITEMENT DU SIGNAL**

---

**Classification Lithologique des Attributs Sismiques  
par les Réseaux de Neurones Artificiels**  
Comparaison entre  
les Cartres Auto-organisatrices de Kohonen et le Perceptron  
Multicouches

---

Date de soutenance 26/04/2008

<b>Mrs. K. BADDARI</b>	(Professeur, UMBB)	Président
<b>M. DJEDDI</b>	(Professeur, UMBB)	Rapporteur
<b>A. BOUGUERNE</b>	(Maître de conférences, UMBB)	Examineur
<b>M.A. AITOCHE</b>	(Chargé de cours, UMBB)	Examineur
<b>Mme Z. BENAÏSSA</b>	(Maître de conférences, USTHB)	Examineur

**Année universitaire 2007/2008**

## Abstract

### **Lithological classification of Seismic attributes using artificial neural networks**

The aim of this work is to introduce the artificial neural networks (ANN) as classification tools in petroleum exploration. In this work we try to exploit the capacities of artificial neural networks training to realize a lithological classification of the seismic attributes derived from seismic data. The present report is composed of five chapters. In the part annexes we developed the different programmers of amplitude corrections in preserved amplitudes processing sequence.

We first introduce in chapter one seismic attributes definitions and determination. The characterization of reservoirs requires integration of data and knowledge from various types. The relationships between seismic attributes and lithofacies may provide important information for understanding subsurface. Seismic attributes offer a good input data set for lithological classification. Classification is the division of a given set of objects into different groups based on their discriminating features. Discriminating features are those that maximize the differences between each group. In seismic event classification the discriminating features are the seismic attributes.

The second chapter refers to elementary definitions and general informations of the artificial neural networks. Artificial neural networks can be used effectively to identify lithology from seismic data set. A neural network consists of an interconnection of a number of neurons. This operation is made up of two principal stages, training and classification. During the phase of training, the network is formed to draw up relationship between seismic attributes and lithology of the geological formations. Only the seismic data around wells (seismic attributes) are employed to learn the network. Then, all the seismic dataset will be classified by this network (qualified by training). In cases where well logs are available, Artificial Neural Networks (ANN) may be trained in a supervised manner. In cases where no well information is available, we use an unsupervised approach to classify the data.

The third chapter describes the first technique of ANN applied in our project. Kohonen's self-organizing maps (K-SOM) are simple analogs of the human brain's ability to organize information in a logical manner. A self-organizing maps tries to establish rules for the characterization of the physical problem. Kohonen's self-organizing maps consist of a single layer of neurons organized in one, two or multi-dimensional arrays. Each neuron has as many input connections as there are attributes to be used in the classification. The training procedure consists of finding the neuron with weights that are closest to the input data vector and declaring that neuron as the winning neuron. Then the weights of all of the neurons in the vicinity of the winning neuron are adjusted by an amount inversely proportional to the distance. The radius of the accepted vicinity is reduced as the iterations increase. The training process is terminated if the errors of all of the inputs are reduced to an acceptable level or a prescribed number of iterations is reached.

The second technique of ANN applied is Feed forward Fully Connected Multi-Layer Perceptrons (MLP). the chapter four present this method. the Multi-Layer Perceptrons are one of the first successfully utilized artificial neural networks. I use only one type of network proposed by Rumelhart and others and used by Taner in seismic classification, which is called the "Semilinear Feed-Forward". In this network the data flows forward to the output continuously without any feed-back. It is also called the Perceptron. It consists of input section, where input data is weighted and summed. A bias is added to the sum and input to the activation function.

These weights and the bias represent the knowledge. Result from activation function represents the output of this neuron.

As an application for methods described above and in order to present the performance of these techniques, real data are used. It is the contents of the final chapter. This application is a study of detail in an area situated in the South-west of Algeria. This region is characterized by gas production since almost the totality of wells highlighted an accumulation of gas.

The information obtained by the two applications is of great interest compared to the rough seismic section. The number of classes was not defined before starting the classification by K-SOM method and the result has five colors which indicate five lithological classes. This result is confirmed by the result of the method MLP.

An interesting possibility might be to use the output of self-organizing maps (K-SOM) as the input for multi-layers perceptron (MLP).

## ملخص البحث

### التصنيف الليتولوجي للمعطيات السيسمية بواسطة الشبكة العصبية الاصطناعية

موضوع بحثنا يتناول تطبيقات الشبكة العصبية الاصطناعية (Réseaux de neurones artificiels) في ميدان الاستكشاف البترولي ويخص بالذات استعمال هذه الشبكة في التصنيف الليتولوجي (Classification lithologique) للمقاطع السيسمية (Sections sismiques) ومستخلصاتها (Attributs sismiques).

البحث يتكون من خمس محاور كبرى إضافة إلى ملحق يشمل بعض التفاصيل الدقيقة و التي لم يتسن لنا وضعها داخل المحاور تجنباً للتفرع و الخروج عن لب الموضوع رغم علاقتها بالبحث.

المحور الأول يتضمن التعاريف الخاصة والأسس النظرية للإشارة السيسمية (Signal sismique) ومستخلصاتها.

المحور الثاني خصصناه للشبكة العصبية الاصطناعية، تعريفها، عناصرها، أنواعها، أسسها النظرية و استعمالاتها.

المحور الثالث قدمنا فيه خريطة كوهونان الذاتية التنظيم (les cartes auto-organisatrices de Kohonen)

(K-SOM) و التي تمثل النوع الأول من الشبكة العصبية الاصطناعية المطبق في بحثنا هذا تضمن هذا المحور تعريف مفصل لهذه التقنية و استعمالاتها و عرضنا خوارزمية استعمالها في ميدان التصنيف الليتولوجي للمعطيات السيسمية.

المحور الرابع عرضنا فيه تقنية البارسابترون المتعدد الطبقات (Perceptron multicouches, PMC) و شملنا بعض التفاصيل مع وضع خوارزمية استعمالها في الترتيب والتصنيف الليتولوجي.

المحور الخامس جعلناه تطبيقاً عملياً لكلتا التقنيتين المتقدمتين في المحور الثالث والرابع على معطيات حقيقية وتم مقارنة النتائج المحصل عليها من كلتيهما. التقنيتان (K-SOM) و (PMC) تختلفان عن بعضيهما البعض اختلافاً جوهرياً من حيث طريقة التلقين (Apprentissage) والتدريب لكل نوع، فالأول يمتاز بالتلقين الذاتي من دون توجيه

(Apprentissage non supervisé) أي دون إدخال أي معلومة خارجية عن المعطيات المقدمة للتصنيف. والثاني يتطلب تلقين موجه (Apprentissage supervisé) وهنا نستعمل معطيات خارجية عن المادة المقدمة. في هذه الحالة المادة المقدمة للتصنيف هي معطيات سيسمية ومستخلصاتها، والمادة المستعملة في تلقين الشبكة العصبية الاصطناعية هي عبارة عن قياسات

بئرية لبعض الخصائص الفيزيائية للصخور المكونة للطبقات الجيولوجية.

عموماً النتائج التي توصلنا إليها تبين انه لكل تقنية خصوصية ايجابية. فالتقنية الذاتية التلقين من دون توجيه توفر لنا

حلاً في غياب المقاييس البئرية والتقنية الموجهة التلقين تعطينا تصنيفاً دقيقاً دون الابتعاد عن النموذج الجيولوجي الخاص بالمنطقة المستكشفة. كما أننا توصلنا إلى انه يمكننا استعمال نتائج التقنية الذاتية التلقين كمدخل للتقنية الموجهة التلقين.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION GENERALE

### **Chapitre I. SIGNAL ANALYTIQUE ET ATTRIBUTS SISMIQUES**

#### **Aspect Théorique et Développement Mathématique**

I.1. Historique .....	1
I.2. Introduction	
I.3. Elasticité et Ondes élastiques	
I.3.1. Paramètres d'élasticité	
I.3.2. Ondes Elastiques	
I.4. Théorie du signal analytique	
I.4.1. Filtre de quadrature	
I.4.2. Transformée de Hilbert directe et inverse	
I.4.3. Signal analytique	
I.4.4. Procédures du calcul du signal analytique	
I.5. Classification des attributs sismiques	
I.6. Calcul des attributs de base	
I.6.1. Attributs instantanés	
I.6.2. Attributs de l'ondelette	
I.7. Calcul des attributs sismiques en tenant compte de l'information spatiale	
I.7.2. Calcul des attributs géométriques	
I.7.3. Calcul des attributs Hybrides	

### **Chapitre II. DES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS**

#### **Bases Théoriques**

II.1. Historique .....	23
II.2. Introduction	
II.3. Eléments de neurophysiologie	
II.3.1. Le neurone	
II.3.2. Caractéristiques principales du neurone physiologique	
II.3.3. Circuits neuronaux	
II.3.4. Activation d'un neurone	
II.4. Les neurones Artificiels	
II.4.1. Le neurone formel	
II.4.1.1. Définition	
II.4.1.2. Modélisation d'un neurone	
II.4.1.3. Comparaison entre le Neurone biologique et neurone artificiel	
II.4.1.4. Fonction d'activation	
II.4.1.5. Types des Fonctions d'activation	

- II.4.2. Le réseau de neurones artificiels
  - II.4.2.1. Connectivité
  - II.4.2.2. Apprentissage
    - II.4.2.2.a. Types d'apprentissage
    - II.4.2.2.b. Application des réseaux de neurones selon le mode d'apprentissage
  - II.4.2.3. Topologie
- II.5. Les types de réseaux
  - II.5.1. Le Perceptron
  - II.5.2. Perceptron multicouches
  - II.5.3. Perceptron multicouches avec l'algorithme de Retro-propagation
  - II.5.4. Réseaux Hopfield
  - II.5.5. Réseau de Kohonen
- II.6. Mise en œuvre et Application des réseaux de neurones artificiels

### **Chapitre III. LES CARTES AUTO-ORGANISATRICES DE KOHONEN (K-SOM)**

#### **Outil de Classification à Apprentissage non Supervisé**

- III.1. Introduction ..... 39
- III.2. Principe des cartes auto-organisatrices
- III.3. Classification et cartes auto-organisatrices
- III.4. Architecture Neurale des cartes auto-organisatrices
- III.5. Méthodologie de la technique S.O.M
- III.6. Différentes organisations topologiques
- III.7. L'application des cartes auto-organisatrices dans l'interprétation sismique
- III.8. Procédé de calcul des S.O.M
- III.9. Organigramme Du Programme S.O.M Appliqué
- III.10. Conclusion

### **Chapitre IV. Perceptron Multicouches (PMC)**

#### **Technique de Classification et Apprentissage Supervisé**

- IV.1. Introduction ..... 50
- IV.2. Neurones .....
- IV.3. Discrimination linéaire par un neurone .....
- IV.4. Réseau Neurologique .....
- IV.5. Exemple d'application des réseaux de neurones .....
- IV.5.1. Choix des données pour l'apprentissage .....
- IV.5.2. Choix des paramètres d'apprentissage .....
- IV.5.3. Exécution du processus d'apprentissage et contrôle des résultats .....

IV.6. Algorithme de retropropagation du gradient de l'erreur et règle d'adaptation des poids .....	
IV.6.1. Règle d'adaptation des poids et des seuils de la couche de sortie .....	
IV.6.2. Règle d'adaptation des poids et des seuils des couches cachées .....	
IV.6.3. Stratégies des adaptations des poids et des seuils .....	
IV.7. Conditions d'une bonne exécution .....	
IV.7.1. Configuration du réseau .....	
IV.7.2. Convergence de l'algorithme .....	
IV.7.3. Choix d'entrée pour l'apprentissage .....	
IV.8. Critère d'un choix optimal de la configuration du réseau .....	
IV.9. Critères d'arrêt de l'apprentissage .....	
IV.10. Séquence de la phase d'apprentissage .....	
IV.11. Conclusion .....	

## **Chapitre V. APPLICATION PMC et K-SOM, Outils de classification lithologique**

V.1. L'objet de l'application.....	64
V.2. Données Géologiques	
V.2.1. Roches mères	
V.2.2. Roches couvertures	
V.2.3. Réservoirs	
V.3. Analyses des résultats des trois puits	
V.3.1. GF-1	
V.3.2. GF-2	
V.3.3. GF-3	
V.4. Description structurale de la Structure 'Garet El Guefoul'	
V.5. Traitement des données sismiques	
V.5.1. Paramètres d'acquisition	
V.5.2. Séquence de traitement en amplitude Préservée et Analyse des résultats	
V.6. Calcul des attributs sismiques	
V.7. Classification Lithologique	
V.7.1. Classification par les Réseaux de Neurones Artificiel (ANN)	
V.7.1.1. Choix du réseau	
V.7.1.2. Choix des attributs pour l'apprentissage	
V.7.1.3. Définition des classes	
V.7.1.4. Critères d'arrêt de l'apprentissage	
V.7.1.5. Analyse des résultats	

V.7.2. Classification par les Cartes Auto Organisatrice de Kohonen  
(K-SOM)

V.7.2.1. Définition des Paramètres

V.7.2.2. Choix des attributs (Kohonen Attributes Planes)

V.7.2.3. Contrôle de processus d'apprentissage et analyse  
des résultats

V.7.3. Comparaison ANN-SOM

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

ANEXES