

UTILISATION DE LA LOGIQUE FLOUE DANS L'INTERPRETATION DES DIAGRAPHIES

Mohammed Fathi. HADJ MILOUD

Direction WL WT/ Entreprise Nationale des Services aux puits, Ouargla, 30000, Algérie

E-mail : fethi.hm@enspgroup.com

Résumé - L'objet de cet article est la présentation d'une méthode basée sur la logique floue pour l'interprétation des diagraphies. La méthode présentée est basée sur l'inférence de plusieurs règles floues, permettant une synthèse automatique de plusieurs diagraphies. Une application de cette méthode à la détection des fractures dans un puits sera présentée.

Mots clés : logique floue, inférence, diagraphie, fracture

1. INTRODUCTION

Les problèmes de représentation et d'utilisation des connaissances sont au centre d'une discipline scientifique relativement nouvelle, qu'on appelle l'intelligence artificielle. Cette discipline a eu un impact limité, jusqu'à une date récente, sur les applications industrielles, parce qu'elle a mis l'accent, de façon exclusive, sur le traitement symbolique de la connaissance, par opposition à la modélisation numérique utilisée traditionnellement dans les sciences de l'ingénieur.

Les systèmes flous appartiennent à la classe des *systèmes à base de connaissance* ou *systèmes experts*, leurs but principal consiste à implanter un savoir faire humain ou des règles linguistiques, par un programme informatique. La logique floue offre un formalisme mathématique à des concepts linguistiques incertains.

La logique floue (*fuzzy logic*) s'est largement répandue ces vingt dernières années, en pénétrant beaucoup de domaines scientifiques (diagnostic médical, robotique, économie ...). L'idée de la logique floue s'appuie sur le fait qu'il existe des phénomènes qui sont non mesurables ou non quantifiables, comme dans ce cas quantifier ces phénomènes ?

2. NOTIONS DE LOGIQUE FLOUE

Le concept de logique floue vient de la constatation que la variable booléenne, qui ne peut prendre que deux valeurs (vrai ou faux) est mal adaptée à la représentation de la plupart des phénomènes courants. Alors que la logique classique considère qu'une proposition est soit vraie soit fautive, la logique floue distingue une infinité de valeurs de vérité (entre 0 et 1). Il s'agit donc d'une généralisation de la logique binaire à une logique multivaluée. [3]

2.1 Le processus de prise de décisions par la logique floue

Le raisonnement à base de logique floue suit le schéma suivant [1]:

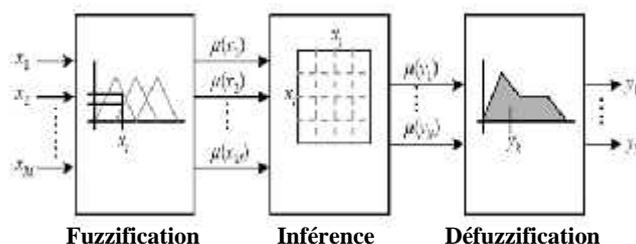


Fig.1. Principe du raisonnement par la logique floue

2.1.1 La Fuzzification

Dans ce bloc, on procède comme suit :

- Définition des fonctions d'appartenance de toutes les variables
- Passage des grandeurs physiques vers des variables linguistiques

2.1.2 L'inférence

Ce bloc exprime la relation qui existe entre les variables d'entrée (exprimées comme variables linguistiques) et la variable de sortie (également exprimée comme variable linguistique) par l'intermédiaire de règles.

Règles

C'est des **conditions linguistiques** prenant en compte l'expérience ou le savoir-faire acquis par une expertise humaine, ou traduisant simplement des remarques de bon sens. Les règles s'expriment sous forme de conditions (Si) combinées (ET, OU), pour aboutir à un résultat linguistique.

Exemple :

Si gamma naturelle élevée ET Porosité élevée Alors une roche fortement argileuse.

2.1.3 La défuzzification

Cette étape permet le passage des grandeurs linguistiques aux grandeurs numériques.

3. APPLICATION DE LA LOGIQUE FLOUE À L'ANALYSE DES DIAGRAPHIES

3.1 Traitement préalable

Les données diagraphiques sont mises à la même échelle à fin d'appliquer la Fuzzification de manière similaire à toutes les diagraphies étudiées. Pour ce faire, nous avons utilisé une mise à l'échelle linéaire suivante [2] :

$$Z_i = \frac{x_i - a}{a - b} \quad (1)$$

Avec :

x_i : Diagraphie enregistrée à la profondeur i .

a : le minimum de l'enregistrement de x .

b : le maximum de l'enregistrement de x .

3.2 Schéma de principe

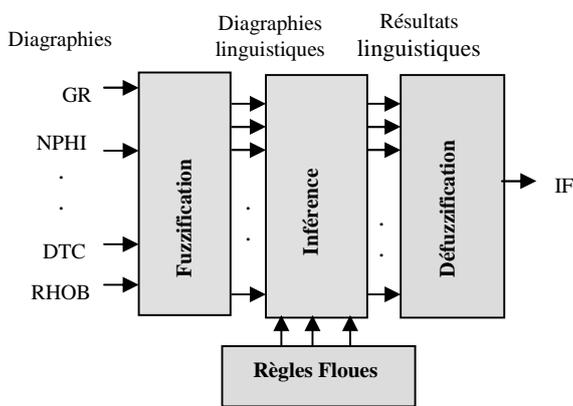


Fig.2. Schéma d'application du raisonnement par la logique floue à l'analyse des diagraphies

3.3 Détection des fractures dans un puits

Un modèle flou de détection de fractures dans un puits sera proposé, le résultat obtenu est de la forme d'un **indice de fracture** variant selon la profondeur.

La fuzzification des grandeurs des diagraphies a été appliquée en utilisant la fonction d'appartenance gaussienne et en partageant l'ensemble flou en quatre sous-ensembles :

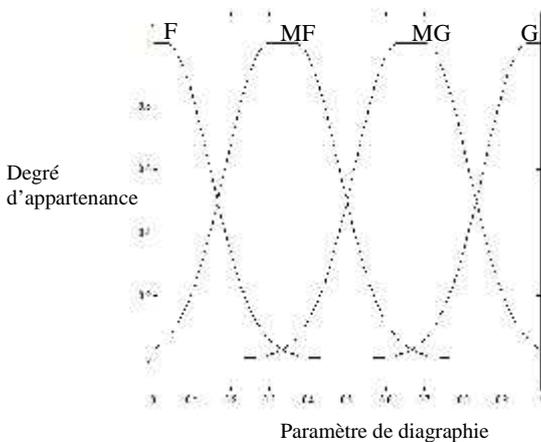


Fig.3. Fonctions d'appartenance appliquées aux diagraphies

F : valeur de diagraphie *faible*.

MF : valeur de diagraphie *moyen faible*.

MG : valeur de diagraphie *moyen grand*.

G : valeur de diagraphie *grand*.

La grandeur de sortie IF (indice de fracture) est quant elle déduite par des fonctions d'appartenance gaussienne, établies comme suit :

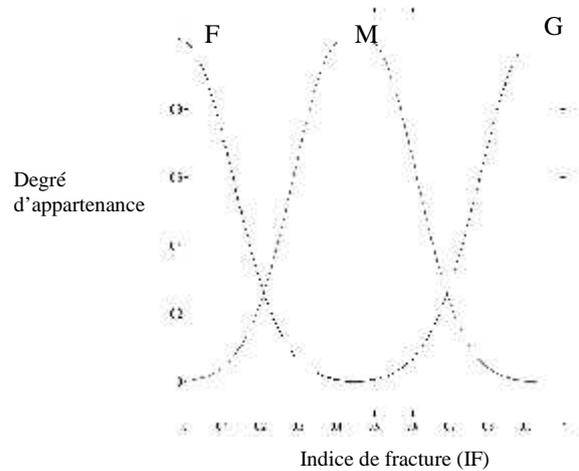


Fig.4. Fonctions d'appartenance de la sortie

F : valeur de IF *faible*.

M : valeur de IF *moyen*.

G : valeur de IF *grand*.

Les règles d'inférence

Un modèle de détection des fractures a été établi, basé seulement sur les diagraphies conventionnelles (DTC, NPFI, RHOB, CALI, DRHO).

1. Si (DTC est G) et (NPFI est G) et (RHOB est F) alors IF est G
2. Si (DTC est G) et (NPFI est G) et (RHOB est MF) alors IF est M
3. Si (DTC est G) et (NPFI est G) et (RHOB est MG) alors IF est M
4. Si (DTC est G) et (NPFI est G) et (RHOB est G) alors IF est F
5. Si (DTC est MG) et (NPFI est MG) et (RHOB est MF) alors IF est M
6. Si (DTC est MG) et (NPFI est MF) et (RHOB est MG) alors IF est F
7. Si (DTC est MG) et (NPFI est MF) et (DRHO est MG) alors IF est G
8. Si (DTC est G) et (NPFI est G) et (RHOB est F) et (CALI est G) alors IF est G

Tel que :

DTC : DT compressionnelle

NPFI : Porosité neutron

RHOB : Densité

CALI : Caliper

4. RESULTATS ET DISCUSSION

Le modèle flou proposé a été appliqué à trois puits du gisement de Hassi Messaoud (MD, OML, OMO). Les

calculs ont été effectués en utilisant le logiciel MATLAB 7.1 [1].

Les résultats obtenus ont été comparés au log de l'anisotropie acoustique (aniso) qui est un indicateur de fracturation.

Les résultats obtenus indiquent une faible corrélation entre l'indice de fracturation (IF) obtenu et l'anisotropie acoustique pour le puits MD (Fig.5), une meilleure corrélation a été obtenue pour les puits OMO (Fig.6) et OML (Fig.7).

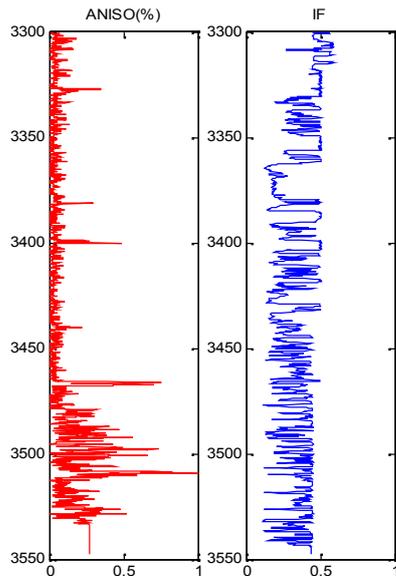


Fig.5. Résultat du puits MD

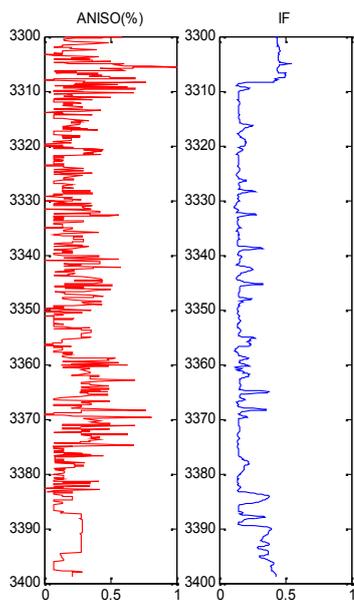


Fig.6. Résultat du puits OMO

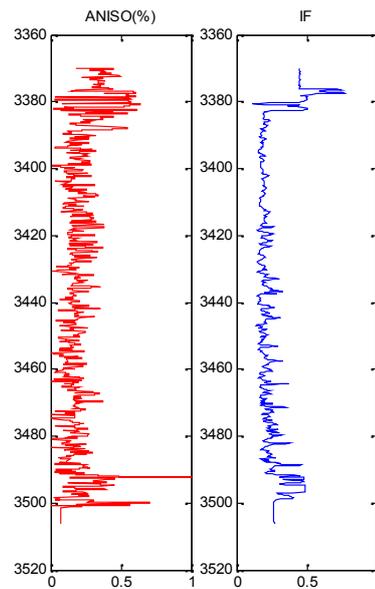


Fig.7. Résultat du puits OML

Les résultats obtenus sont à prendre avec prudence, tant que beaucoup de phénomènes agissent sur les enregistrements des différentes diagraphies. La richesse du modèle fluide proposé tend à minimiser les erreurs, en prenant en considération le plus de phénomènes possible.

5. CONCLUSION

Une approche linguistique basée sur la connaissance humaine a été présentée dans cet article, cette dernière permet de faire une interprétation simultanée de plusieurs enregistrements diagraphiques afin d'aboutir à l'objet recherché. L'application de cette méthode à la détection des fractures dans trois puits de la région de Hassi Messaoud, a donné des résultats appréciables. La justesse des résultats obtenus dépend de la richesse du modèle proposé alimentée par l'expertise humaine.

Pour une amélioration des performances de la logique floue une approche neurolinguistique peut être proposée.

REFERENCES

- [1] Matlab, *Fuzzy Logic Toolbox* User's Guide, Version 2
- [2] P.M.Liliana, "Characterization of naturally fractured reservoirs from conventional well logs", Oklahoma Master of science, 2002
- [3] J. Godjevac, *Idées nettes sur la logique floue* Press polytechnique et universitaire Romande, Suisse, 1999.
- [4] C. Kessler, "A New Generation Crossed Dipole Logging Tool: Design and Case Histories", Halliburton Energy Services SPWLA 42nd Annual Logging Symposium, June 17-20, 2001
- [5] C. Kessler, J. Fogal, "Application of Shear Anisotropy from New Generation Crossed dipole acoustic Tool", Halliburton Energy Services, Georgios Varsamis - SensorWise Inc., SPE 77792