

# Vers une méthode d'identification de l'analyse d'un interpréteur sismique.

Sofiane Lariani<sup>1</sup>, Jean Marc Chassery<sup>1</sup>, Naamen Keskes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire LIS  
ENSIEG, Domaine Universitaire, BP 46, 38402 SAINT MARTIN D'HERES CEDEX, France

<sup>2</sup>ELF Aquitaine  
Avenue Larribau, PAU, France

Sofiane.Lariani@imag.fr, Jean-Marc.Chassery@imag.fr

Naamen.Keskes@elf-p.fr

**Résumé :** L'interprétation des images sismiques représente un travail important et délicat où le géologue est sensé déterminer les structures pertinentes de l'image pour minimiser les risques d'un forage avorté. L'automatisation de certaines tâches et l'aide à l'interprétation laissera plus de temps au géologue pour la réflexion et la prise de décision. Nous présentons une méthode fondée sur l'analyse du comportement oculaire de l'observateur lors de l'interprétation des images sismiques pour aller vers une pré-ségmentation des images en régions d'intérêts.

**Abstract :** The interpretation of seismic images is an important and thiky work. In this paper we propose a method in order to make things easier for the geologist. We hope to automate some laborious tasks of interpretation. The originality of this method is that it's based on the oculor behavior of the geologist looking at the seismic images.

## 1. Introduction

Au cours des dernières décennies, l'analyse et la compréhension de la vision humaine a permis dans plusieurs domaines d'améliorer l'environnement de travail de l'homme et de lui venir en aide dans la réalisation de ses tâches. La nature du travail de l'opérateur humain se voit complètement changée ; les tâches automatiques et pénibles cèdent la place à plus de temps pour la réflexion, donc à une bonne prise de décisions et, dans des contextes économiques, à une meilleure productivité. Nous pouvons citer, comme exemple la conception d'interfaces homme-machine, la navigation aérienne et la conduite automobile...[1,7]

Notre article concerne l'interprétation des images sismiques. Les images sismiques sont une échographie du sous-sol. Elle n'ont de sens que pour l'œil expert et entraîné du géologue. La tâche du géologue interpréteur devant une image sismique est d'extraire les informations pertinentes et d'identifier les différentes structures telles que les horizons, les failles, les discordances et les faciès. Pour cela, le géologue se base sur ses connaissances antérieures et sur un mécanisme d'interprétation très compliqué acquis au cours de son expérience.

Le cadre général de notre travail est la compréhension du processus de la vision humaine, en partie pour l'interprétation et l'exploitation des images sismiques, afin de venir en aide aux spécialistes et rendre leurs taches plus rapides. L'objectif est l'automatisation partielle de l'interprétation sismique. Il est clair que nous ne cherchons pas à reproduire de manière exacte et précise le fonctionnement de la perception des géologues. Nous voulons plutôt établir des correspondances entre les principales étapes fonctionnelles effectuées par la perception au cours d'une interprétation d'une part et les modèles algorithmiques d'autre part.

## 2. Méthodologie

Comme nous l'avons précisé en introduction, nous ne nous intéressons pas uniquement à la perception au sens purement psycho-visuel mais nous désirons établir un lien entre les attributs visuels et le contenu de l'image. Pour cette raison, la méthode que nous allons proposer se compose de plusieurs étapes : Analyse du comportement visuel des opérateurs (interpréteurs sismiques), suivi de l'analyse de l'image sismique. La dernière étape qui est aussi le but de notre entreprise est la prédiction ou l'aide à l'interprétation. Dans la suite, nous allons détailler ces différentes étapes.

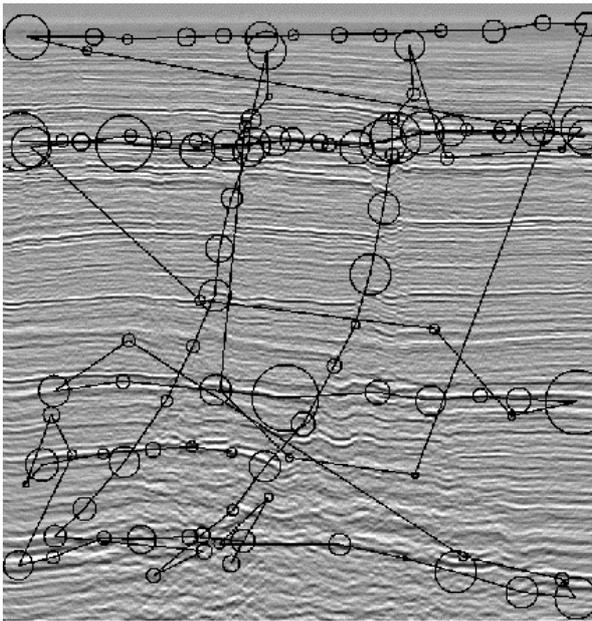
### 2.1. Analyse du comportement visuel :

Pour arriver à automatiser une partie du travail de l'interpréteur, nous avons besoin d'établir un lien entre l'observateur et l'image. Ce lien, nous le réalisons entre les attributs visuels et les attributs de l'image. Les paramètres oculaires doivent être pertinents pour bien cerner les zones d'intérêt (ou régions d'intérêt). Nous définissons les zones d'intérêt comme les parties de l'image qui ont le plus attiré l'attention du géologue.

Pour l'analyse du comportement oculaire, nous avons choisi un *oculomètre*, appareil permettant de mesurer la position du regard dans un plan d'étude ; notre plan d'étude étant une image sismique. L'*oculomètre* fournit les positions oculaires enregistrées toutes les 20ms, ainsi qu'un drapeau indiquant sa validité. Les positions oculaires sont ensuite traitées sous la forme de fixations et de points de cumul. Nous expliquons par la suite le choix de ce matériel.

Une *fixation* est un état stable du regard. Mais, les mouvements microscopiques de l'œil et la précision du matériel, nous amènent à considérer les fixations comme un regroupement de positions oculaires, sous une contrainte spatiale et temporelle. Pour le calcul des fixations, on utilise un algorithme d'agrégation autour du barycentre d'un ensemble de points [2]. Sont considérées fixations les groupes d'au moins 100ms (contrainte temporelle) ainsi que les

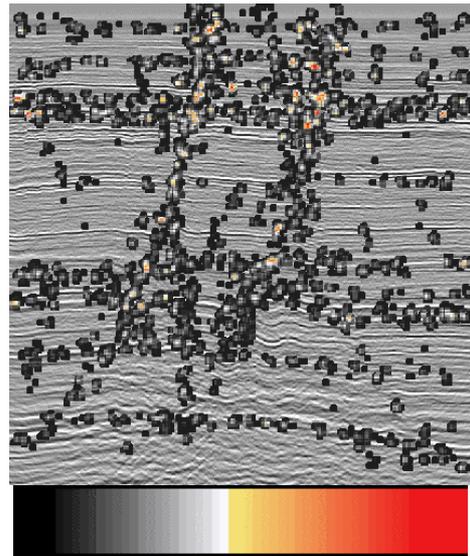
groupes dont les points sont distants de moins de 1° autour du centre de gravité (contrainte spatiale). Sur la figure1, les points de fixations sont les centres du cercle et le diamètre représente la durée de la fixation. Les fixations sont liées à la vision centrale là où l'acuité est maximale. Et c'est au cours des fixations que l'information est recueillie et coordonnée. La durée d'une fixation varie de 100ms à 2s. Cette durée est étroitement liée à l'expérience de l'opérateur [6] (l'interpréteur sismique, dans notre cas), à la difficulté d'interprétation et à la nature de l'information à prélever. Les fixations représentent un attribut primordial pour l'étude du comportement oculaire [1,2].



**Fig1** Points de fixations et saccades.

Liées aux points de fixations, nous pouvons étudier les *saccades* [figure1, entre points de fixation]. Ce sont des mouvements oculaires macroscopiques, dont le but est d'aller chercher l'information. Ce sont des mouvements rapides et volontaires, permettant au regard de se déplacer d'un point de fixation à un autre, pour explorer la scène observée. Leur importance se révèle également lors de l'apparition de nouveau stimulus dans le champ de la vision périphérique. Grâce aux saccades, l'objet du stimulus est ramené dans la région fovéale pour une exploration en détails (réflexe de fixation). Comme nous nous intéressons à la navigation dans le bloc sismique [figure5], les saccades seront un paramètre intéressant pour suivre l'apparition ou la disparition de structures lors de la navigation au travers du bloc 3D.

Enfin le dernier paramètre que nous analysons est le cumul des positions oculaires de plusieurs géologues de même discipline ou de disciplines différentes. Le calcul et la visualisation des points de cumul [figure2] a pour but de mettre en évidence les zones de l'image sismique qui semblent être attractives pour plusieurs interpréteurs.



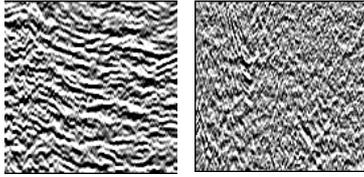
**Fig2** Cumul de cinq expériences

L'étude de ces différents paramètres a pour but de déterminer ce que l'interpréteur a successivement regardé, pour mieux connaître les différentes étapes de sa pensée et surtout pour extraire les zones d'intérêt qui seront par la suite caractérisées par un ensemble de paramètres ou attributs via l'analyse d'images.

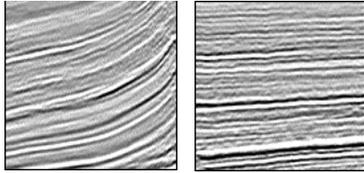
*Justification du choix du matériel :* Il est important de bien préciser que le but de notre travail est de dégager la manière de procéder des géologues pour interpréter les images sismiques et extraire les structures pertinentes de l'image, pour semi-automatiser ce procédé d'interprétation. Un questionnaire aurait pu suffire, mais il aurait abouti sur les grandes lignes d'interprétation. Ce qui paraît alors simple et évident pour le géologue risque fort de nous être occulté. En effet, il est souvent difficile d'expliquer les mécanismes qu'on acquiert au cours de plusieurs années d'expérience. Le choix de la stratégie oculaire est un moyen objectif pour le géologue pour nous ouvrir à son mode d'interprétation.

## 2.2. Analyse de l'image sismique :

Une image sismique est une composition de différents faciès [figure3 et 4]. Le rôle du géologue pendant l'interprétation est d'étudier ces faciès et d'en extraire les limites. Nous avons besoin d'analyser les zones d'intérêt : zones sur lesquelles le géologue a passé beaucoup de temps ou encore les zones qui ont suscité de l'intérêt pour plusieurs interpréteurs. Le but de cette étape est de comprendre pourquoi on a ces points de focalisation (recueillis au cours de la première étape) à cet endroit de l'image. Pour cela, nous caractérisons ces régions par les différents outils de traitement de l'image comme l'analyse de discontinuités et de contours, l'estimation et l'analyse de mouvements, l'analyse de textures..., sachant que les attributs doivent être discriminants pour bien dissocier les régions de nature différente. Dans cette section, nous allons détailler deux attributs qui nous semblent être bien adaptés à l'image sismique et notre étude : apport de l'estimation du mouvement [8] et l'analyse de texture [3].



**Fig3** Deux faciès sismiques : chaotique forte énergie et chaotique faible énergie.



**Fig4** Deux faciès sismiques : Parallèles avec inclinaison différente des horizons .

Lors de nos protocoles, nous portons beaucoup d'intérêt à l'apport du mouvement dans l'interprétation et l'extraction de structures au cours du défilement des différentes sections provoqué par la navigation dans le bloc 3D. Cet intérêt, provient de la constatation suivante : certaines structures, jusque-là non visibles ou difficilement visibles sur les images statiques, deviennent facilement perceptibles sur les images dynamiques. Le bloc sismique est alors perçu comme une séquence d'images. Au cours des essais il a été confirmé que le mouvement aide beaucoup les interpréteurs dans le pointage des failles et des chenaux.

Bien que la sismique s'écarte de la notion de texture habituelle (répétition d'un certain motif appelé texon [5]), les images sismiques sont néanmoins des images texturées dans le sens où elle sont vues comme un agencement de faciès, et les faciès peuvent être considérés comme une zone de l'image sismique présentant une organisation spatiale localement homogène, donc des textures. L'importance que joue l'information de texture dans les mécanismes de la vision humaine est largement prouvée et reconnue. Pour cette raison que la texture constitue un attribut important pour caractériser les régions sismiques. Nous fondant sur une conjecture de B. Julesz et de A. Gagalowicz [4], nous modélisons les textures sismiques par un ensemble de paramètres statistiques du second ordre. En effet, des expériences psychovisuelles ont montré que l'œil est incapable de discriminer des textures possédant des statistiques locales du second ordre similaires. Notre choix s'est alors porté sur le vecteur attribut constitué par les moments du premier ordre (histogramme  $H(l)$ ) et les moments d'espace du deuxième ordre (autocovariance  $M2(\Delta)$ ) [3]. Ce modèle statistique représente une vaste classe de texture et il est bien adapté à la texture sismique. En effet, le contraste et l'énergie sont conservés par l'histogramme et l'autocovariance code l'information liée à la taille et à l'orientation des structures sismiques.

$$M2(\Delta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \eta)(X_{i+\Delta} - \eta) / \sigma^2$$

$$H(l) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta(X_i - l)$$

avec

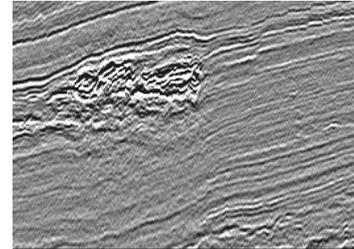
$X_i$  : Luminance au point  $i$ .

$\eta$  et  $\sigma^2$  : respectivement moyenne et variance des  $X_i$ .

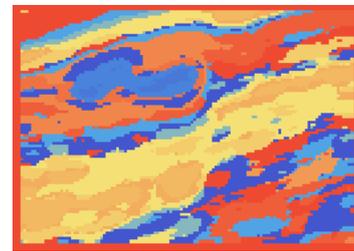
$N$  : Taille de l'échantillon de texture.

$l$  : variable de luminance.

$\Delta$  : variable de déplacement.

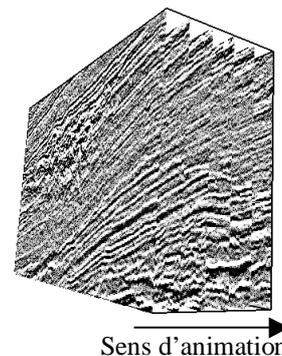


**Fig3** Section sismique.



**Fig4** Classification de texture (10 classes).

Comme nous travaillons surtout sur la perception des structures sismiques animées, les évaluations des paramètres de texture sont volumique. Pour cela, nous calculons nos attributs sur des échantillons tri-dimensionnels.



**Fig5** Bloc sismique représenté par six sections.

### 2.3. Prédiction :

L'aide à l'interprétation s'appuie sur la prédiction des zones d'intérêts, c'est à dire les régions de l'image qui ont le plus de probabilité d'attirer l'attention du géologue. La phase de prédiction se base sur ce qu'on appris dans les deux premières étapes. Donc, à partir d'une donnée sismique, nous souhaitons estimé les régions importantes pour l'interpréteur et, du coup, réaliser une première segmentation en régions de l'image sismique. Il est à noter que la présence du géologue reste primordiale pour valider les résultats et traiter les régions ; notre but se limitant à une aide à l'interprétation sismique.

### 3. Conclusion

Nous présentons une méthode pour mettre en place un modèle d'analyse des images sismiques. Cette méthode combine deux processus : étude du comportement oculaire des géologues lors de l'interprétation des images sismiques et analyse quantitative des images perçues par le biais de l'analyse de textures et de l'estimation de mouvements. Le but est d'intégrer la stratégie oculaire dégagée dans des algorithmes d'aide à l'interprétation sismique. Cette aide se manifeste surtout sous la forme d'une prédiction de segmentation.

### 4. Références

- [1] Acier B., Contribution à la conception et à l'évaluation d'interface homme-machine par l'analyse du comportement visuel d'un superviseur humain. Thèse de Doctorat en Automatique industrielle et Humaine, Valenciennes, décembre 1993.
- [2] Simon P., Contribution de l'analyse du mouvement oculaire à l'évaluation de la charge de travail mental. Thèse de Doctorat en Automatique industrielle et Humaine, Valenciennes, janvier 1990.
- [3] Ma S., Modélisation et synthèse de texture, application à l'infographie. Thèse de Doctorat en Mathématiques, Physiques Naturelles, Paris Juin 86.
- [4] Gagalowicz A., vers un modèle de texture. Thèse de Doctorat en Science Mathématiques. Paris mai 83.
- [5] Julesz B. Texton, the fundamental elements in preattentive vision and perception of texture. Human Factors and Behavioral Science. September 1981.
- [6] Neboit M., Evolution de l'exploration visuelle avec l'apprentissage et avec l'expérience professionnelle. Le Travail Humain, Vol. 46, n°1, page 49 à 63, 1983.
- [7] Papin J.P., l'exploration visuelle en radiologie du thorax. Rapport de recherche C.E.R.M.A, juillet 81.
- [8] Pauget F. Utilisation du Flux Optique Pour l'Aide à l'interprétation d'images Sismiques. Thèse de Doctorat en Sciences Cognitives, Paris, Janvier 99.