

Développement d'un système intelligent d'analyse des données de puits pétroliers

Intégration du Mud Logging, du Well Logging et des paramètres pétrophysiques

Rapport académique

Auteur :

Med sidi med
sidi vadel beya
Abdellahi cheikh
sidi hasnat
mohamed Geo
Rougeya MPI

Année universitaire 2025–2026

Table des matières

Résumé	5
1 Introduction générale	6
2 Le Mud Logging	7
2.1 Principes fondamentaux	7
2.2 Équipements réels de mud logging	7
2.3 Analyse des déblais et gaz	8
2.4 Applications opérationnelles	8
3 Le Well Logging	9
3.1 Outils réels de diagraphie	9
3.2 Gamma Ray	10
3.3 Résistivité	10
3.4 Densité et Neutron	11
3.5 Sonic	11
4 Paramètres pétrophysiques	12
4.1 Porosité	12
4.2 Perméabilité	12
4.3 Saturation	13
5 Comparaison Mud Logging vs Well Logging	14
6 Apport de l'Intelligence Artificielle et du Machine Learning	15
6.1 Justification de l'IA dans l'analyse des puits	15
6.2 Types de données utilisées	15
6.3 Applications du Machine Learning	16
6.3.1 Prédiction de la lithologie	16
6.3.2 Estimation de la porosité et de la perméabilité	16
6.3.3 Détection d'anomalies et kicks	16
6.3.4 Optimisation du forage en temps réel	16

6.4	Vers des systèmes intelligents autonomes	16
7	Conclusion générale	17

Table des figures

2.1	Unité industrielle de mud logging sur site de forage	7
2.2	Cuttings pétroliers analysés lors du mud logging	8
2.3	Chromatographe de gaz utilisé en mud logging	8
3.1	Outils industriels de well logging (wireline)	9
3.2	Log Gamma Ray réel	10
3.3	Log de résistivité réel	10
3.4	Logs densité et neutron	11
3.5	Log Sonic (DT)	11
4.1	Crossplot pétrophysique densité–neutron	12
6.1	Exemple réel de prédiction par machine learning sur données de puits . . .	16

Liste des tableaux

5.1	Comparaison des deux techniques	14
-----	---	----

Résumé

Ce rapport présente une étude approfondie des techniques d'acquisition, d'interprétation et d'exploitation intelligente des données de puits pétroliers. Il combine le mud logging, le well logging et les paramètres pétrophysiques dans une approche intégrée, en mettant l'accent sur l'apport du machine learning et de l'intelligence artificielle pour l'évaluation des réservoirs et l'aide à la décision.

Chapitre 1

Introduction générale

L'industrie pétrolière moderne repose sur l'exploitation de volumes massifs de données hétérogènes acquises tout au long du cycle de forage. L'émergence de l'intelligence artificielle permet aujourd'hui de transformer ces données brutes en connaissances exploitables, améliorant la sécurité, la rentabilité et la compréhension des réservoirs complexes.

Chapitre 2

Le Mud Logging

2.1 Principes fondamentaux

Le mud logging est une technique d'acquisition en temps réel basée sur l'analyse continue de la boue de forage, des déblais et des gaz libérés par les formations géologiques traversées.

2.2 Équipements réels de mud logging



FIGURE 2.1 – Unité industrielle de mud logging sur site de forage

2.3 Analyse des déblais et gaz

images/drilling_cuttings.jpg

FIGURE 2.2 – Cuttings pétroliers analysés lors du mud logging

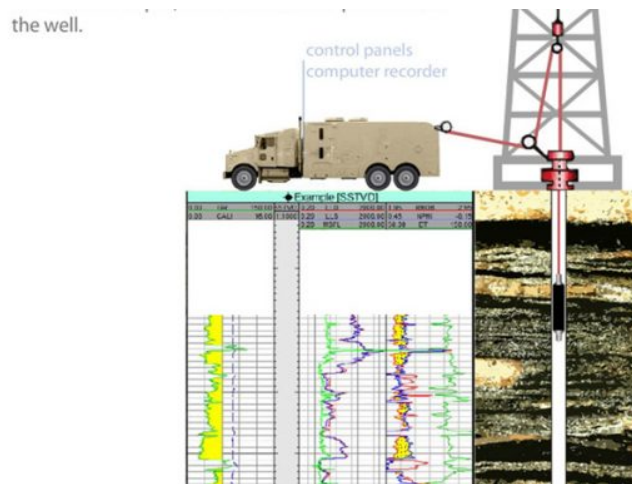


FIGURE 2.3 – Chromatographe de gaz utilisé en mud logging

2.4 Applications opérationnelles

Le mud logging joue un rôle clé dans la détection précoce d'hydrocarbures, la surveillance de la sécurité du puits et l'optimisation des paramètres de forage.

Chapitre 3

Le Well Logging

3.1 Outils réels de diagraphie

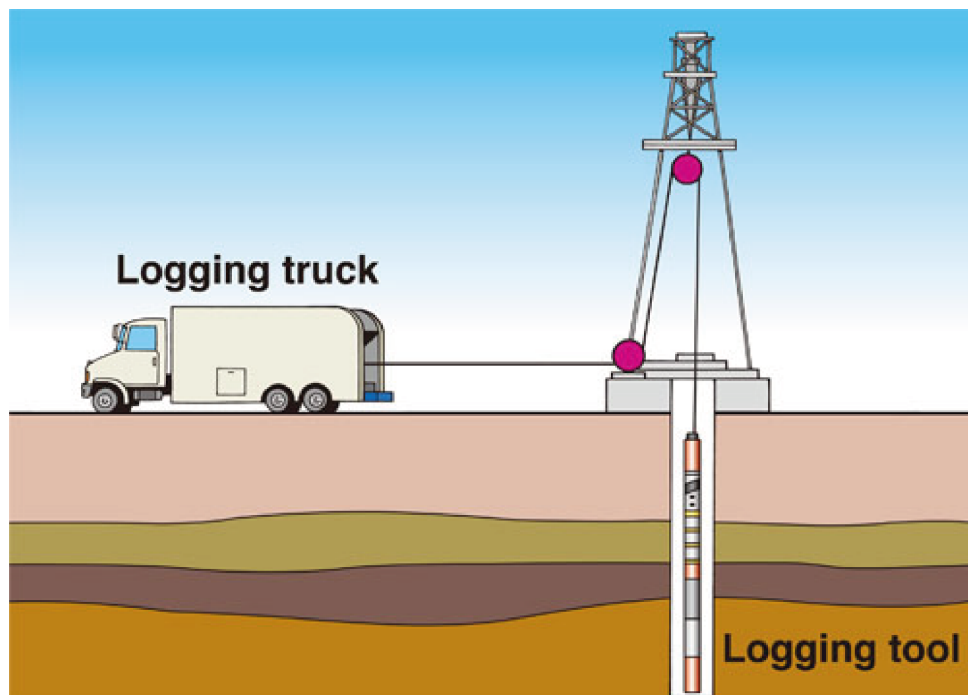


FIGURE 3.1 – Outils industriels de well logging (wireline)

3.2 Gamma Ray

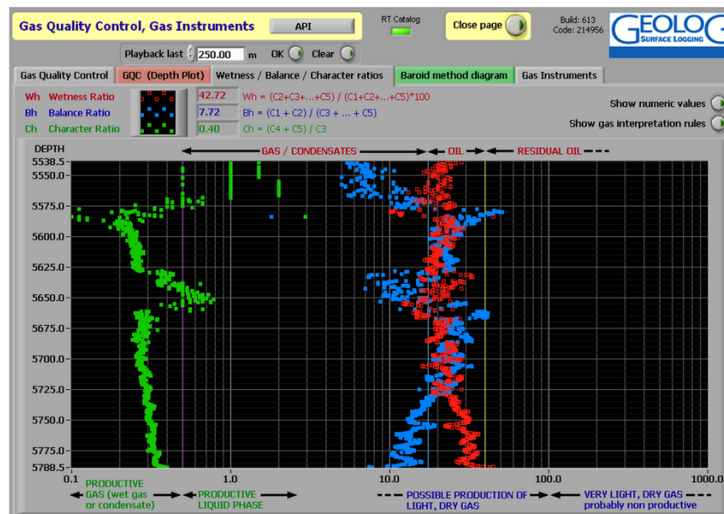


FIGURE 3.2 – Log Gamma Ray réel

3.3 Résistivité

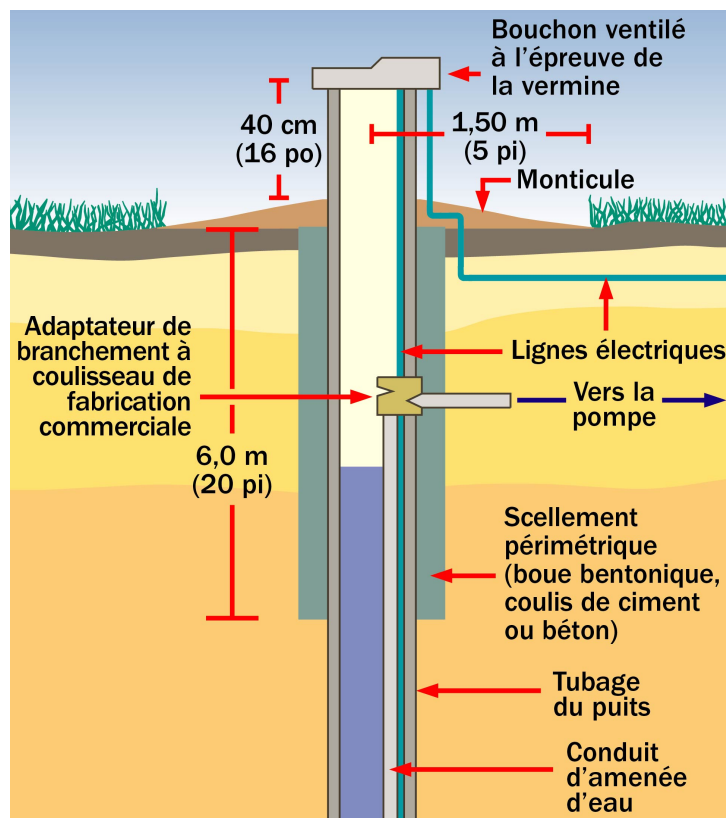


FIGURE 3.3 – Log de résistivité réel

3.4 Densité et Neutron

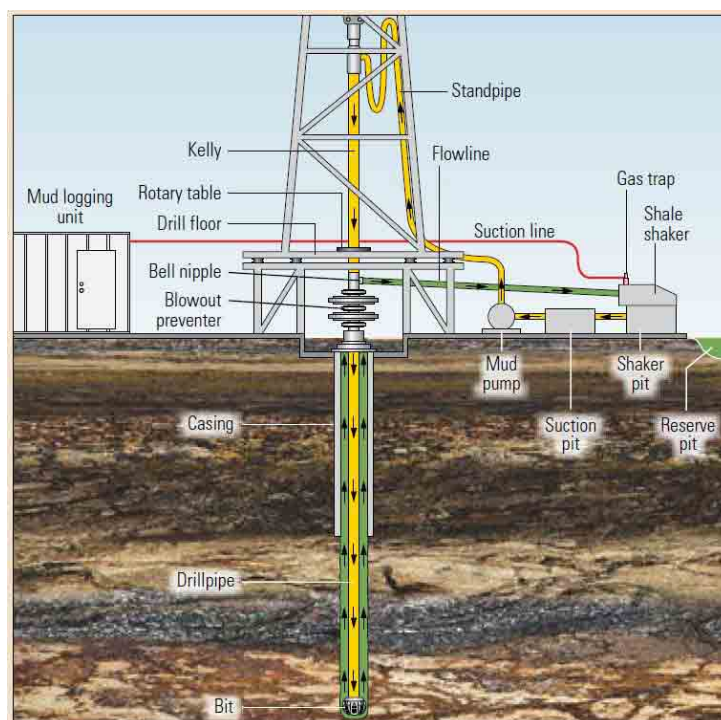


FIGURE 3.4 – Logs densité et neutron

3.5 Sonic

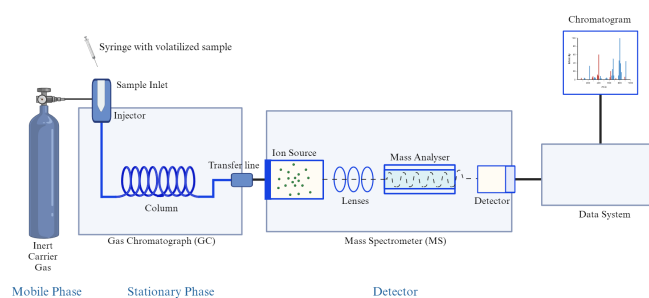


FIGURE 3.5 – Log Sonic (DT)

Chapitre 4

Paramètres pétrophysiques

4.1 Porosité

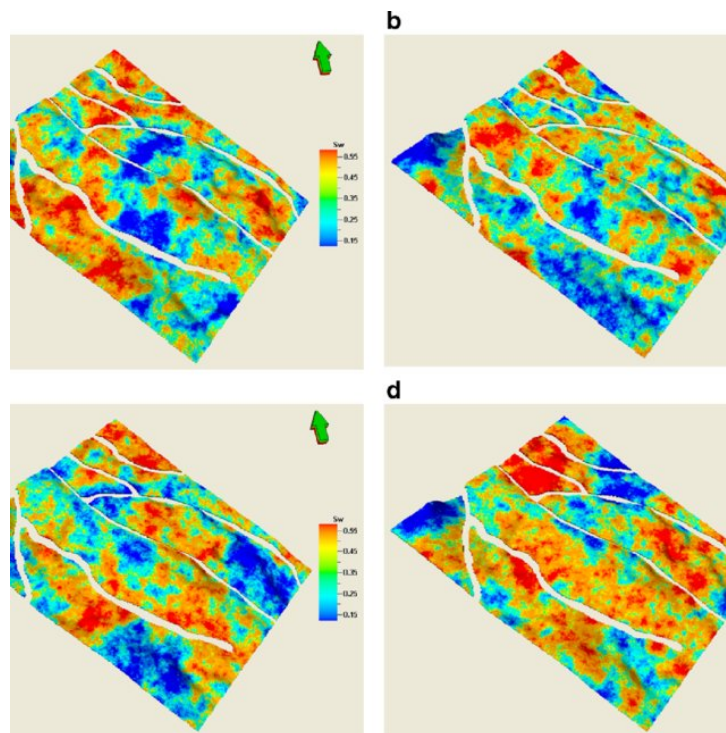


FIGURE 4.1 – Crossplot pétrophysique densité–neutron

4.2 Perméabilité

La perméabilité est estimée indirectement à partir de corrélations empiriques et de modèles prédictifs avancés.

4.3 Saturation

L'estimation de la saturation repose sur les logs de résistivité et les modèles de type Archie et leurs extensions.

Chapitre 5

Comparaison Mud Logging vs Well Logging

Critère	Mud Logging	Well Logging
Temps réel	Oui	Partiel
Type de données	Indirectes	Directes
Résolution	Faible	Élevée
Objectif	Sécurité	Évaluation réservoir

TABLE 5.1 – Comparaison des deux techniques

Chapitre 6

Apport de l'Intelligence Artificielle et du Machine Learning

6.1 Justification de l'IA dans l'analyse des puits

Les données de puits sont massives, bruitées, non linéaires et fortement corrélées, ce qui rend les approches classiques limitées.

6.2 Types de données utilisées

Les modèles de machine learning exploitent conjointement :

- données de mud logging,
- logs diagraphiques,
- paramètres pétrophysiques,
- données temporelles de forage.

6.3 Applications du Machine Learning

6.3.1 Prédiction de la lithologie

6.3.2 Estimation de la porosité et de la perméabilité

6.3.3 Détection d'anomalies et kicks

6.3.4 Optimisation du forage en temps réel

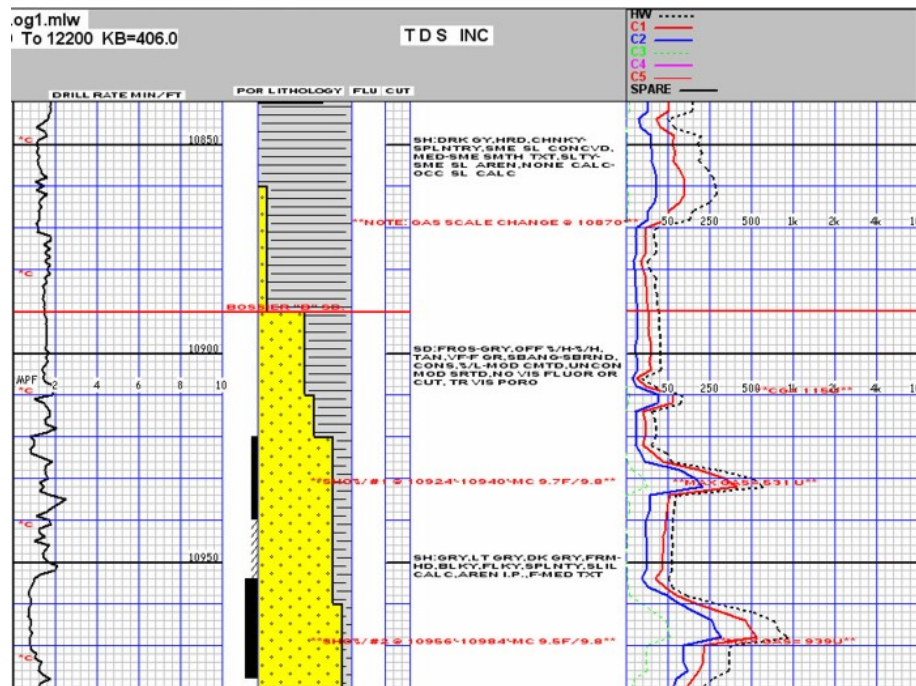


FIGURE 6.1 – Exemple réel de prédiction par machine learning sur données de puits

6.4 Vers des systèmes intelligents autonomes

L'intégration de l'IA ouvre la voie à des systèmes capables d'auto-apprentissage, de mise à jour en temps réel et de prise de décision assistée.

Chapitre 7

Conclusion générale

L'exploitation conjointe du mud logging, du well logging et des paramètres pétrophysiques, enrichie par l'intelligence artificielle, constitue une évolution majeure vers des puits intelligents et une gestion optimisée des réservoirs.