

# Analyse rapide de gaz de diagraphie de boue de forage à l'aide du Micro GC Agilent 990

## Auteur

Jie Zhang  
Agilent Technologies, Inc.

## Introduction

La diagraphie de boue est un processus qui consiste à obtenir des informations sur la lithologie et la composition des fluides d'une zone de forage. La surveillance des types tout comme des quantités de gaz est l'un des aspects essentiels de la diagraphie de boue. Les données précises recueillies sur les gaz lors d'un forage jouent un rôle déterminant dans la bonne évaluation du gisement et peuvent permettre de localiser des zones de production potentielles n'ayant pas été détectées. La chromatographie en phase gazeuse (GC) est la technique de référence pour l'identification et la mesure des gaz lors du processus de diagraphie des boues. Le composant le plus courant des gaz de diagraphie des boues de forage est le méthane ; les hydrocarbures plus lourds tels que l'éthane (C<sub>2</sub>), le propane (C<sub>3</sub>), et le butane (C<sub>4</sub>) peuvent indiquer une zone pétrolifère ou de gaz humide. Il est également nécessaire de surveiller les molécules plus lourdes, jusqu'à C<sub>7</sub>.

La vitesse d'analyse est importante dans la diagraphie des boues car plus les informations sur la profondeur du forage sont détaillées, plus l'évaluation du gisement est précise. Le Micro GC Agilent est un chromatographe idéal pour l'analyse rapide et fiable des gaz de forage. Quant au Micro GC 990, il a hérité des fonctionnalités de la génération précédente<sup>1</sup> : compact, peu énergivore et doté d'une grande vitesse d'analyse. Outre les fonctionnalités indiquées, le Micro GC 990 est en mesure d'offrir une meilleure expérience utilisateur. L'installation de la voie analytique est bien plus simple. Elle peut s'effectuer en trois étapes et en l'espace de quelques minutes. L'écran tactile couleur indique l'état de l'instrument ainsi qu'un certain nombre de paramètres clés comme la configuration réseau, la licence disponible pour l'instrument et la version du programme. La version standard du compartiment peut accueillir deux voies analytiques. Pour obtenir une version étendue du compartiment, il suffit simplement d'intégrer deux unités centrales de la version standard avec une carte mère et un écran LCD tactile. La version étendue permet de placer jusqu'à quatre voies. Le module électronique de régulation dynamique des gaz (DEGC) a été développé pour permettre davantage de précision, d'exactitude et de stabilité dans la régulation de la pression.

Cette étude porte sur l'analyse des hydrocarbures sur la plateforme Micro GC 990 lors du processus de diagraphie de boue. Une version standard équipée de deux voies analytiques a été utilisée pour analyser les hydrocarbures de C<sub>1</sub> à C<sub>5</sub>. Une version étendue, configurée avec trois voies, a servi à l'analyse approfondie des gaz avec diagraphie de boue pour les composants plus lourds (jusqu'à C<sub>8</sub>).

Les conditions de test de chaque voie sont indiquées aux tableaux 1 et 2. Un gaz de forage simulé a été utilisé pour la diagraphie de boue afin de vérifier la configuration. Le tableau 3 donne des informations détaillées sur l'échantillon.

### Analyse de diagraphie de boue standard

Les hydrocarbures de C<sub>1</sub> à C<sub>5</sub> ont été analysés. La voie CP-PoraPLOT Q de 4 m (DEGC option droite, sans rétrobalayage de précolonne) a servi à l'analyse du propane, du butane, de l'isobutane, du pentane et de l'isopentane. L'analyse des hydrocarbures en C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> a été effectuée sur la voie CP-PoraPLOT Q de 10 m avec l'option rétrobalayage. L'option rétrobalayage a été déployée pour éliminer les composants les plus lourds de la précolonne avant qu'ils soient transférés dans la colonne analytique. Cette action a permis de réduire le temps d'analyse qui aurait été plus long en raison de l'élution tardive des composants plus lourds sur la colonne PPQ de 10 m.

### Analyse de diagraphie de boue étendue

Les hydrocarbures jusqu'en C<sub>8</sub> ont été analysés. La voie CP-PoraPLOT Q de 10 m (DEGC avec option rétrobalayage) a servi à l'analyse des hydrocarbures de C<sub>1</sub> à C<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub>; la colonne CP-Sil 5CB de 4 m avec option rétrobalayage a permis l'analyse des hydrocarbures de C<sub>3</sub> à C<sub>5</sub>. Sur cette voie, les composés plus lourds que C<sub>5</sub> ont été rétrobalayés avant leur transfert vers la colonne analytique afin d'assurer un temps d'analyse court et un retour à la ligne de base pour l'analyse suivante. L'analyse des hydrocarbures de C<sub>6</sub> à C<sub>8</sub> s'est faite sur la voie CP-Sil 5CB de 4 m (DEGC, option droite).

## Instruments

Diagraphie de boue standard		Diagraphie de boue étendue	
Type de voie	Composants à analyser	Type de voie	Composants à analyser
CP-PoraPLOT Q à rétrobalayage de 10 m	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> et CO <sub>2</sub>	CP-PoraPLOT Q à rétrobalayage de 10 m	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> et CO <sub>2</sub>
CP-PoraPLOT Q droite de 4 m	C <sub>3</sub> à C <sub>5</sub>	CP-Sil 5CB à rétrobalayage de 4 m	C <sub>3</sub> à C <sub>5</sub>
		CP-Sil 5CB droite de 4 m	C <sub>6</sub> à C <sub>8</sub>

**Tableau 1.** Conditions de l'analyse de gaz de diagraphie de boue de forage standard.

	Type de voie	
	CP-PoraPLOT Q à rétrobalayage de 10 m	CP-PoraPLOT Q droite de 4 m
Gaz vecteur	Hélium	Hélium
Température de l'injecteur	110 °C	110 °C
Durée d'injection	40 ms	40 ms
Pression en tête de colonne	240 kPa	200 kPa
Température de colonne	60 °C	150 °C
Temps de rétrobalayage	5,5 secondes	S.o.

**Tableau 2.** Conditions de l'analyse de gaz de diagraphie de boue de forage étendue.

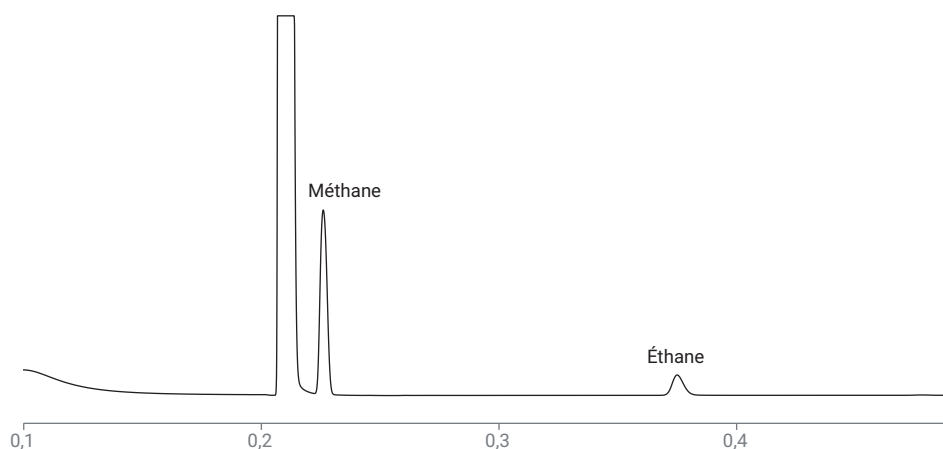
	Type de voie		
	CP-PoraPLOT Q à rétrobalayage de 10 m	CP-Sil 5CB à rétrobalayage de 4 m	CP-Sil 5CB droite de 4 m
Gaz vecteur	Hélium	Hélium	Hélium
Température de l'injecteur	110 °C	110 °C	110 °C
Durée d'injection	40 ms	80 ms	40 ms
Pression en tête de colonne	240 kPa	150 kPa	200 kPa
Température de colonne	60 °C	60 °C	120 °C
Temps de rétrobalayage	5,5 secondes	13 secondes	S.o.

**Tableau 3.** Gaz de forage de diagraphie de boue simulé.

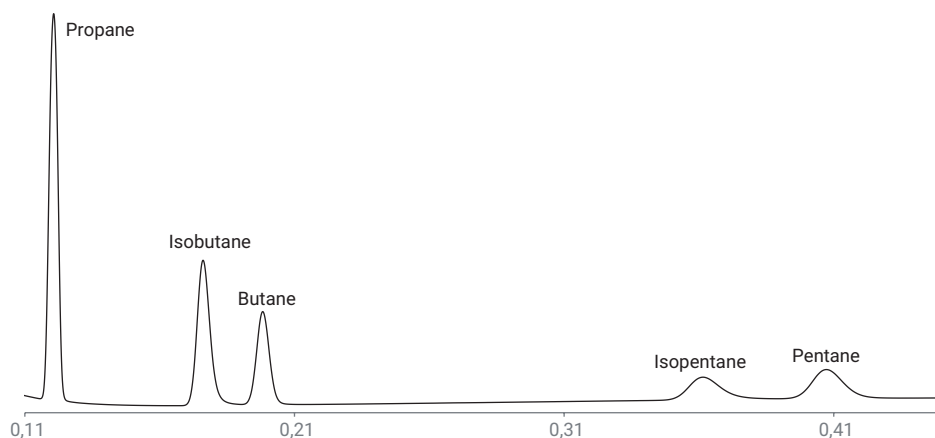
Composé n°	Nom du composé	Concentration (mol/mol)
1	Méthane	2,02 %
2	Éthane	0,251 %
3	Propane	997 ppm
4	Isobutane	495 ppm
5	Butane	300 ppm
6	Isopentane	173 ppm
7	Pentane	204 ppm
8	Hexane	52,6 ppm
9	Méthylcyclopentane	50,1 ppm
10	Benzène	49,1 ppm
11	Cyclohexane	47,7 ppm
12	Heptane	49,0 ppm
13	Méthylcyclohexane	49,2 ppm
14	Toluène	49,3 ppm
15	Octane	50,4 ppm
16	Azote	Complément

## Résultats et discussion

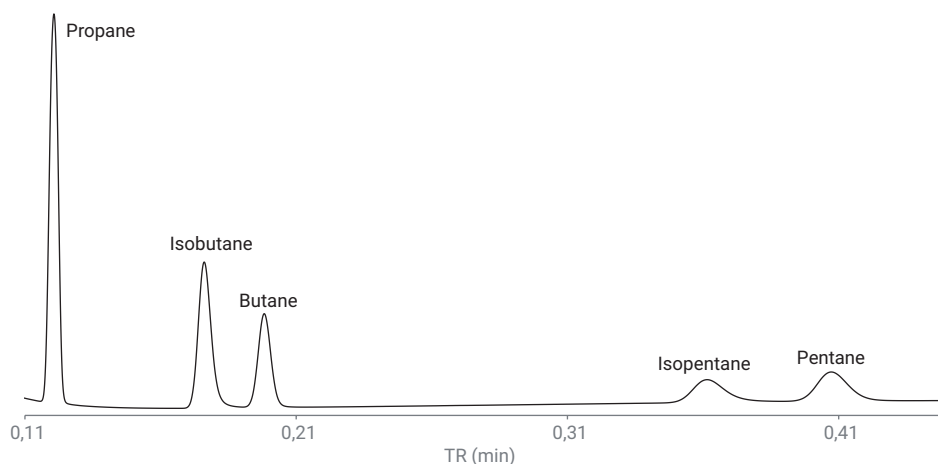
La figure 1 montre le chromatogramme de la séparation du méthane et de l'éthane sur la voie CP-PoraPLOT Q à retrobalayage de 10 m. Il n'y a pas de  $\text{CO}_2$  dans le gaz de forage simulé de la diagraphie de boue. Un gaz naturel standard composé de méthane, de  $\text{CO}_2$  et d'éthane a été injecté pour trouver la position du pic de  $\text{CO}_2$ . Le chromatogramme de la figure 1B peut servir de référence si l'échantillon réel de la diagraphie de boue contient du  $\text{CO}_2$ . Le chromatogramme des composés de  $\text{C}_3$  à  $\text{C}_5$  sur la voie CP-PoraPLOT Q de 4 m est illustré sur la figure 2. Dans le processus de diagraphie de boue, la vitesse de séparation représente un défi pour l'analyse par GC. Le Micro GC 990 gère la séparation de l'échantillon entier en analysant des sous-ensembles sur différentes voies. Le type de phase stationnaire, la pression en tête de colonne et la température de la colonne sont sélectionnés et optimisés en fonction du sous-ensemble de composés. Cette approche analytique peut permettre d'accélérer l'analyse globale. Le temps d'analyse dépend de la voie sur laquelle la séparation prendra le plus de temps. Dans une analyse de diagraphie de boue standard, la séparation sur chacune des voies peut être réalisée en 30 secondes. L'association des résultats de l'analyse sur différentes voies donne des informations qualitatives et quantitatives complètes sur la totalité de l'échantillon.



**Figure 1A.** Analyse de diagraphie de boue standard, voie 1 : analyse du méthane et de l'éthane sur une voie CP-PoraPLOT Q à rétrobalayage de 10 m.



**Figure 1B.** Analyse de diagraphie de boue standard, voie 1 : détermination du pic de  $\text{CO}_2$  par analyse standard de gaz naturel sur une voie CP-PoraPLOT Q à rétrobalayage de 10 m.



**Figure 2.** Analyse de diagraphie de boue standard, voie 2 : analyse des composants de  $\text{C}_3$  à  $\text{C}_5$  sur une voie CP-PoraPLOT Q droite de 4 m.

Les tableaux 4A et 4B indiquent la reproductibilité des temps de rétention (TR) et des aires pour 10 injections. L'écart-type relatif des aires est inférieur à 0,2 % et celui des TR se situe entre 0,003 % et 0,02 %, ce qui démontre l'excellente performance du Micro GC 990 et assure des résultats qualitatifs et quantitatifs d'une fiabilité élevée.

**Tableau 4A.** Précision des aires de pic de 10 injections consécutives sur les voies CP-PoraPLOT Q de 10 m et CP-PoraPLOT Q de 4 m.

Composé	Méthane	Éthane	Propane	Isobutane	Butane	Isopentane	Pentane
Aire (mv × s)	8,568	1,585	1,429	0,806	0,512	0,312	0,386
	8,567	1,585	1,429	0,806	0,511	0,312	0,386
	8,566	1,586	1,429	0,806	0,511	0,311	0,386
	8,574	1,586	1,429	0,806	0,512	0,313	0,385
	8,576	1,588	1,430	0,805	0,511	0,312	0,386
	8,576	1,588	1,430	0,806	0,512	0,311	0,386
	8,565	1,587	1,429	0,805	0,511	0,311	0,386
	8,566	1,585	1,430	0,805	0,511	0,312	0,386
	8,581	1,588	1,430	0,805	0,512	0,312	0,386
	8,568	1,587	1,430	0,806	0,511	0,312	0,386
Écart-type relatif de l'aire (%)	0,065	0,080	0,037	0,064	0,101	0,203	0,082

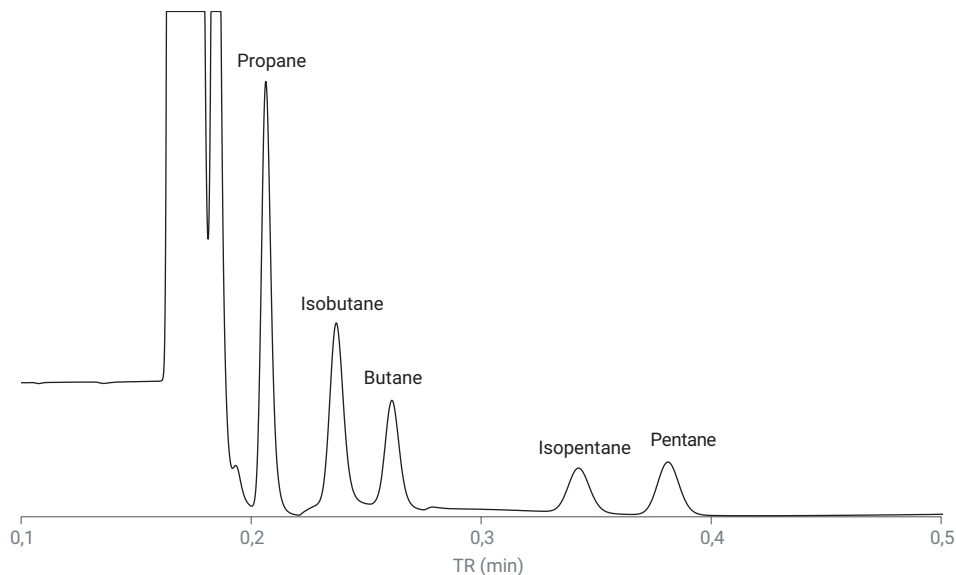
**Tableau 4B.** TR et reproductibilité des TR de 10 injections sur les voies CP-PoraPLOT Q de 10 m et CP-PoraPLOT Q de 4 m.

Composé	Méthane	Éthane	Propane	Isobutane	Butane	Isopentane	Pentane
TR (min)	0,224	0,373	0,121	0,176	0,198	0,362	0,407
Écart-type relatif du TR (%)	0,003	0,004	0,011	0,033	0,006	0,003	0,003

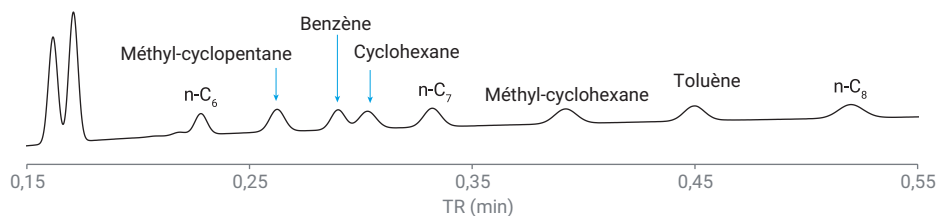
Pour l'analyse de diagraphie de boue étendue, la voie 1 est la même que dans la version standard : CP-PoraPLOT Q à rétrobalayage de 10 m pour l'analyse du méthane, du CO<sub>2</sub> et de l'éthane.

Le chromatogramme des composants de C<sub>3</sub> à C<sub>5</sub> sur la voie 2, la voie CP-Sil 5CB à rétrobalayage de 4m, est représenté sur la figure 3.

Le chromatogramme des composants de C<sub>6</sub> à C<sub>8</sub> sur la voie 3, la voie CP-Sil 5CB droite de 4 m, est illustré sur la figure 4. Le dernier pic, l'octane, a élué en 35 secondes. Le tableau 5 illustre les écart-types relatifs des TR et des aires pour les composants de C<sub>3</sub> à C<sub>8</sub> analysés par la configuration pour diagraphie de boue. L'écart-type relatif des TR pour les composants de C<sub>3</sub> à C<sub>8</sub> est supérieur à 0,02 % et celui des aires inférieur à 1 %, ce qui prouve la stabilité de la pression et de la régulation de la température de la colonne, ainsi que la reproductibilité de la réponse du TCD 990.



**Figure 3.** Analyse de diagraphie de boue étendue, voie 2 : composés de C<sub>3</sub> à C<sub>5</sub> sur une voie CP-Sil 5CB à rétrobalayage de 4 m.



**Figure 4.** Analyse de diagraphie de boue étendue, voie 3 : composés de C<sub>6</sub> à C<sub>8</sub> sur une voie CP-Sil 5CB droite de 4 m.

**Tableau 5.** Reproductibilité des TR et des aires pour l'analyse de diagraphie de boue étendue, composés de C<sub>3</sub> à C<sub>5</sub> sur une voie CP-Sil 5CB à rétrobalayage de 4 m, et composés de C<sub>6</sub> à C<sub>8</sub> sur une voie CP-Sil 5CB droite de 4 m.

Composé	TR/min	Écart-type relatif du TR (%)	Aire (mv × s)	Écart-type relatif de l'aire (%)
Propane	0,206	0,02	0,446	0,144
Isobutane	0,237	0,018	0,294	0,184
Butane	0,261	0,011	0,162	0,060
Isopentane	0,342	0,007	0,104	0,169
Pentane	0,381	0,008	0,125	0,082
Hexane	0,228	0,004	0,051	0,33
Méthylcyclopentane	0,262	0,006	0,077	0,571
Benzène	0,290	0,006	0,065	0,219
Cyclohexane	0,303	0,006	0,068	0,221
Heptane	0,332	0,006	0,074	0,547
Méthylcyclohexane	0,392	0,009	0,075	0,290
Toluène	0,450	0,007	0,071	1,024
Octane	0,520	0,008	0,078	0,768

## Conclusion

Cette étude démontre l'analyse rapide des gaz de forage avec diagraphie de boue à l'aide du Micro GC Agilent 990. Une configuration standard à deux voies et une configuration étendue à trois voies ont été utilisées pour analyser dans le premier cas les hydrocarbures de C<sub>1</sub> à C<sub>5</sub> et dans l'autre les hydrocarbures de C<sub>1</sub> à C<sub>8</sub>. La vitesse d'analyse sur chaque voie a été optimisée pour ne pas dépasser 35 secondes. La reproductibilité des TR et des aires s'est avérée excellente, démontrant par-là que le Micro GC 990 est une plateforme idéale pour les analyses rapides et fiables des gaz de forage avec diagraphie de boue.

## Référence

1. Van Loon, R. Mud Logging – Rapid Analyses of Well Gases with an Agilent Micro GC, *note d'application Agilent Technologies*, numéro de publication 5991-2699EN, **2013**.

[www.agilent.com/chem](http://www.agilent.com/chem)

Ces informations peuvent être modifiées sans préavis.

© Agilent Technologies, Inc. 2019  
Imprimé aux États-Unis, le 7 août 2019  
5994-1039FR