

Calcul de la valeur calorifique du gaz naturel avec le Micro GC Agilent 990 PRO

Auteur

Jie Zhang
Agilent Technologies, Inc.

Résumé

Cette note d'application introduit les fonctionnalités du Micro GC Agilent 990 PRO (PRO comme PROCÉDÉS) qui lui permettent d'analyser et de calculer de façon autonome le contenu énergétique du gaz naturel.

Introduction

Le gaz naturel constitue une ressource énergétique importante. Il est largement utilisé dans différentes industries pour fondre, sécher, cuire et vitrifier des produits. Les ménages l'utilisent pour cuisiner, chauffer et s'éclairer. Il peut également servir de carburant automobile. L'énergie chimique du gaz naturel est libérée par réaction avec l'oxygène. Le commerce du gaz naturel est principalement déterminé par son contenu énergétique. Généralement, ce contenu énergétique est estimé par analyse du gaz naturel par chromatographie en phase gazeuse (GC).

Plusieurs organismes, tels que la Gas Processors Association (GPA), qui collabore avec l'American Petroleum Institute, ASTM International (anciennement American Society for Testing and Materials) et l'International Organization for Standardization (ISO), ont établi différentes normes pour le calcul de l'énergie du gaz naturel en fonction des valeurs énergétiques des composés individuels et d'autres constantes physiques.

Le Micro GC 990 PRO (PROCÉDÉS) peut fonctionner en tant que GC intelligente des procédés industriels, permettant d'analyser rapidement la composition d'un flux de gaz naturel et de calculer automatiquement son contenu énergétique d'après les normes mentionnées ci-dessus.

Avec le logiciel Agilent PROstation, un utilisateur peut charger des méthodes de calcul énergétique prédéfinies (selon les normes GPA/ATSM/ISO/GOST) sur le Micro GC 990 PRO. À la fin de chaque analyse chromatographique, le Micro GC 990 PRO détermine la concentration molaire normalisée

de chaque composant cible, puis la transmet de façon autonome à un processus interne de calcul du contenu énergétique. Enfin, un rapport peut être généré pour le flux de gaz analysé avec des informations sur le contenu énergétique, notamment la valeur calorifique totale supérieure/inférieure (selon que l'eau est présente à l'état liquide ou gazeux), la densité, la densité relative et l'indice de Wobbe.

Cette note d'application illustre l'utilisation du Micro GC 990 PRO pour l'analyse de composition du gaz naturel et le calcul de sa valeur calorifique.

Données expérimentales

Du gaz naturel simulé a été analysé sur un Micro GC Agilent 990 PRO à deux voies. La voie 1, constituée d'une colonne CP-PoraPLOT U Agilent J&W de 10 m, était une voie de rétrobalayage pour l'analyse de l'azote, du méthane, du dioxyde de carbone et de l'éthane. La voie 2, constituée d'une colonne CP-Sil 5CB Agilent J&W de 6 m, était une voie directe pour l'analyse du propane, de l'isobutane, du butane, du 2,2-diméthylpropane, de l'isopentane, du pentane et de l'hexane.

Le Micro GC 990 utilisé était muni d'une licence PRO et d'une licence de mesure d'énergie. La licence PRO permet à l'instrument de fonctionner de façon autonome pendant les heures planifiées et de traiter automatiquement les données à l'aide des outils inclus, afin d'assurer notamment l'intégration, l'identification et la quantification selon la méthode préchargée. La licence de mesure d'énergie permet le calcul automatique intégré du contenu énergétique du gaz combustible en fonction du résultat de la quantification par le GC PRO.

Les méthodes analytiques utilisées pour l'analyse de composition du gaz naturel sont indiquées dans le tableau 1. La composition de l'échantillon de gaz est présentée dans le tableau 2. Les paramètres analytiques ont été préenregistrés sur la carte mère du Micro GC 990 PRO à l'aide du logiciel Agilent PROstation. La courbe d'étalonnage standard externe a été établie pour chaque composant à l'aide de PROstation.

Tableau 1. Configuration et conditions analytiques du Micro GC Agilent 990 PRO.

Paramètres du Micro GC Agilent 990 PRO		
Type de voie	CP-PoraPLOT U Agilent J&W, 10 m, rétrobalayage	CP-Sil 5 CB Agilent J&W, 6 m, directe
Durée d'échantillonnage	30 secondes	30 secondes
Température de l'injecteur	110 °C	110 °C
Pression de colonne	200 kPa	175 kPa
Température de colonne	80 °C	70 °C
Temps de rétrobalayage	11,3 secondes	S.o.

Tableau 2. Composition du gaz naturel simulé.

Composé	Concentration (% mol)
Azote	2,04 %
Dioxyde de carbone	3,12 %
Éthane	0,575 %
Propane	0,084 %
Isobutane	0,011 %
Butane	0,011 %
2,2-diméthylpropane	0,0106 %
Isopentane	0,0097 %
Pentane	0,011 %
Hexane	0,0102 %
Méthane	Complément

Avant l'analyse de l'échantillon réel, la méthode de normalisation a été définie et enregistrée sur la carte mère avec les méthodes d'étalonnage et de calcul énergétique. Au démarrage de l'analyse, le GC PRO utilise les méthodes préenregistrées pour effectuer la collecte des données et les calculs intégrés, afin de fournir les informations sur le contenu énergétique de l'échantillon. Dans cette application, la méthode de calcul a été développée conformément à la norme ISO 6976-2016, comme indiqué dans les paramètres de la méthode (figure 1).

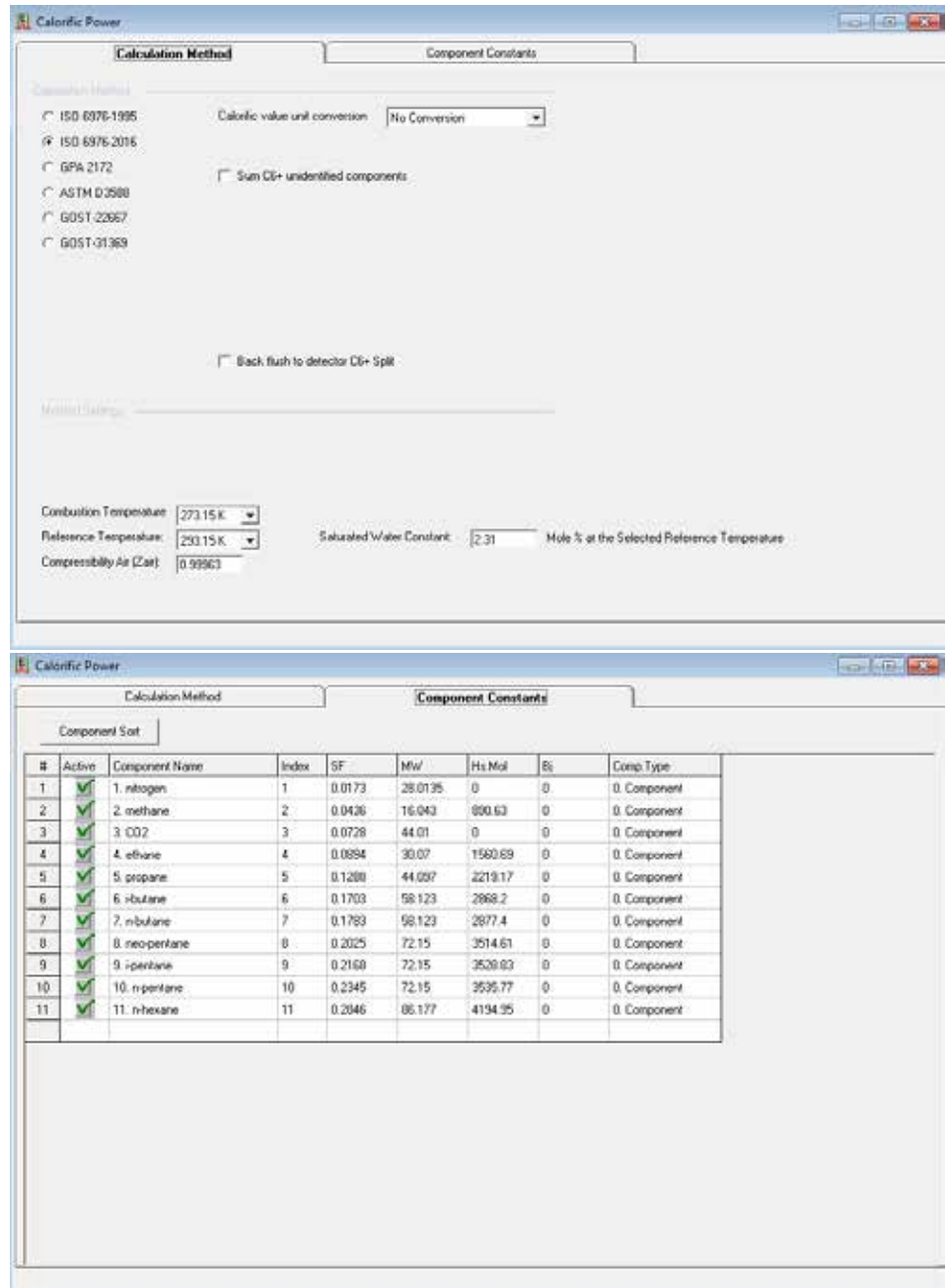


Figure 1. Paramètres de la méthode de calcul de la valeur calorifique conformément à la norme ISO dans le logiciel Agilent PROstation.

Résultats et discussion

Les figures 2a et 2b représentent les chromatogrammes obtenus sur les voies 1 et 2 pour l'échantillon de gaz naturel simulé. Les pics ont été intégrés automatiquement, conformément aux paramètres d'intégration optimisés pour chaque voie analytique. Le résultat de l'intégration a été utilisé pour quantifier chaque composant cible d'après les courbes ESTD préenregistrées. La normalisation des concentrations a été effectuée sur les deux voies analytiques pour tous les composants en fonction des paramètres de la table de normalisation (figure 3). Les concentrations normalisées ont ensuite servi au calcul intégré de la valeur calorifique, conformément aux méthodes de calcul énergétique prédéfinies.

La figure 4 présente les résultats des calculs de quantification et de contenu énergétique du gaz naturel simulé. La partie « ENERGY » indique la norme utilisée pour les calculs et les principales propriétés physiques devant être calculées d'après cette norme, comme la compressibilité, la densité/densité relative, la valeur calorifique supérieure/inférieure en unités molaires ou en poids/volume et l'indice de Wobbe. Les types de propriétés inclus dans le rapport dépendent des exigences de la norme choisie.

Les résultats de la quantification issus de l'analyse chromatographique sont indiqués en bas du rapport. La concentration ESTD et la concentration normalisée sont toutes deux rapportées. Le rapport a été généré dans le logiciel Agilent PROstation dès la fin de chaque séparation chromatographique. Dans les conditions employées pour cette étude, le cycle d'analyse est d'environ 90 secondes, de l'échantillonnage à la séparation et jusqu'à la génération du rapport. En mode débit continu, le temps de cycle d'analyse peut être réduit à 60 s.

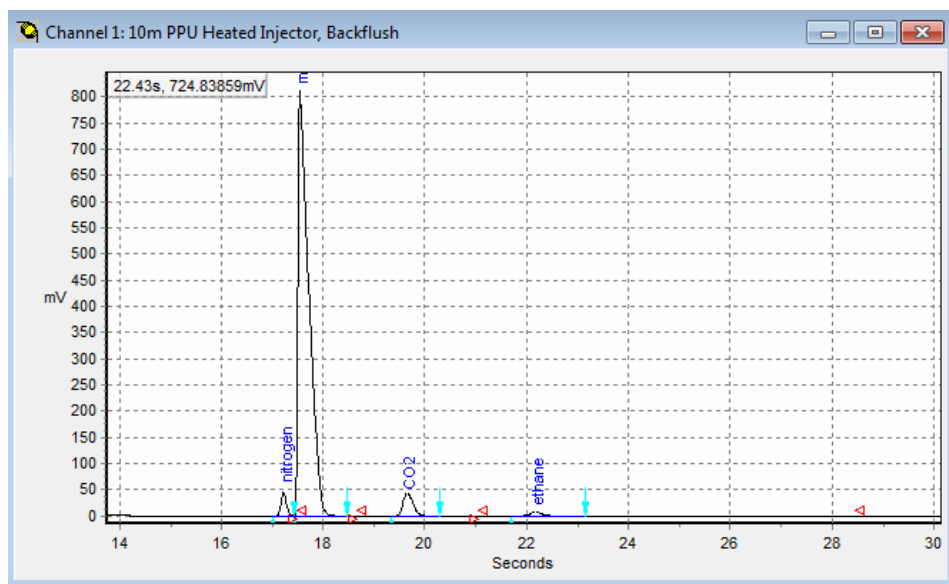


Figure 2a. Chromatogramme de N₂/méthane/CO₂/éthane sur la voie de rétrobalayage de la colonne CP-PoraPLOT U Agilent J&W de 10 m.

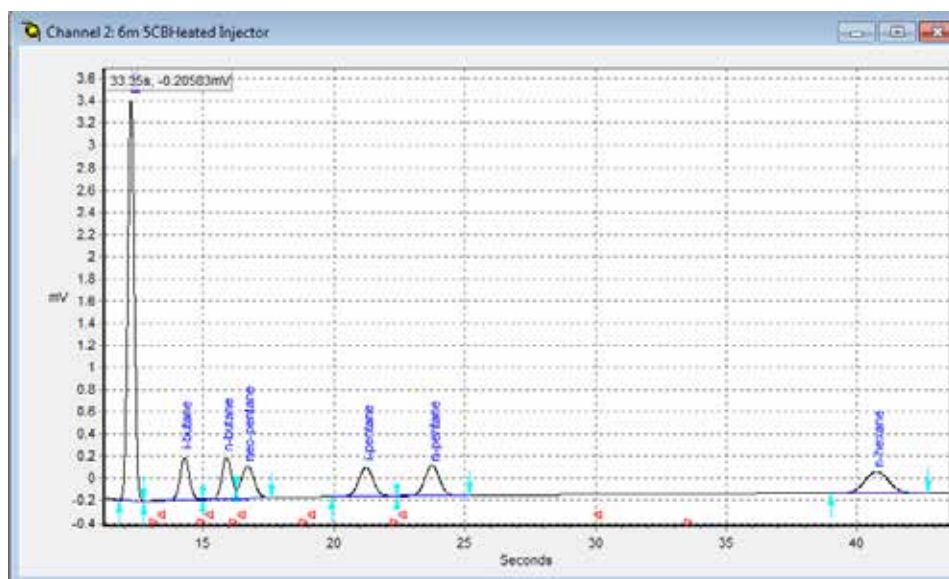


Figure 2b. Chromatogramme des hydrocarbures en C₃-C₆ sur la voie de la colonne CP-Sil 5 CB Agilent J&W de 6 m.

Normalization Table											
Synchronize											
#	Active	Peak Name	Channel	Ignore	Bridge Comp #	Estimate	Estim.Conc	Test.Conc	RefConcPeak#	RefPeakConc%	Group#
1	✓	nitrogen	1		0. None		0	0	0	0	0
2	✓	methane	1		0. None		0	0	0	0	0
3	✓	CO2	1		0. None		0	0	0	0	0
4	✓	ethane	1		0. None		0	0	0	0	0
5	✓	propane	2		0. None		0	0	0	0	0
6	✓	i-butane	2		0. None		0	0	0	0	0
7	✓	n-butane	2		0. None		0	0	0	0	0
8	✓	neo-pentane	2		0. None		0	0	0	0	0
9	✓	i-pentane	2		0. None		0	0	0	0	0
10	✓	n-pentane	2		0. None		0	0	0	0	0
11	✓	n-hexane	2		0. None		0	0	0	0	0

Figure 3. Table de normalisation utilisée pour l'analyse du gaz naturel dans cette étude.

SAMPLE		ENERGY				CONDITIONS					
Sampling Time	06/10/2019 14:10:50	Calc Method	ISO 6976-2016	Dry	Saturated						
Run Number	3	Water Mole	[%]	-	2.31	ENVIRONMENT					
Run Type	Analysis	Compressibility	[]	0.9981	0.9975	Cabinet Temperature	[°C]	34			
Calibration Level	0	Molar Mass	[g/mol]	17.2666	17.2839	Ambient Pressure	[kPa]	102.1			
Stream #	1 [checked]	Relative Density,Ideal	[]	0.5961	0.5967	SITE INFO					
Sum ESTD	1.0238	Relative Density,Real	[]	0.5971	0.5980	Customer ID					
Sum Estimates	0.0000	Gas Density,Ideal	[kg/m3]	0.7178	0.7185	Instrument Name	990-PRO Micro GC				
Sum Areas	1130262.3775	Gas Density,Real	[kg/m3]	0.7192	0.7203	Serial Number	10001				
Total Peaks	11	Superior Heating Value (Volume Real)	[MJ/m3]	35.60	34.79	Tag Number					
Is Startup Run	False	Inferior Heating Value (Volume Real)	[MJ/m3]	32.01	31.29	Cylinder 1 Tag					
Unknown Peaks	6	Superior Heating Value (Volume Ideal)	[MJ/m3]	35.53	34.71						
Current Stream #	0	Inferior Heating Value (Volume Ideal)	[MJ/m3]	31.95	31.21						
		Superior Heating Value(Mass)	[MJ/kg]	48.50	48.30						
		Inferior Heating Value(Mass)	[MJ/kg]	44.51	43.44						
		Superior Heating Value(Molar)	[kJ/mol]	854.62	834.88						
		Inferior Heating Value(Molar)	[kJ/mol]	768.57	750.82						
		Wobbe Index (Real)	[MJ/m3]	48.07	44.99						
		Wobbe Index Inferior	[MJ/m3]	41.43	40.46						
<input type="checkbox"/> Hide non Appl pks											
<input type="checkbox"/> Hide Ignored Appl pks											

#	Channel	Peakname	ESTD Conc.	Nom. Conc.	Retention [s]	Area	Height	MethIndex	Group#	R.F.	Weight%
1	1	nitrogen	0.019951	1.948797	17.38	24782.7169	13635198.2679	1	0	8.0504E-07	3.1617
2	1	methane	0.965245	94.283973	17.60	746196.9431	132956588.1529	2	0	1.293553E-06	87.5998
3	1	CO2	0.031328	3.060127	19.75	38813.4314	6589405.0954	3	0	8.071595E-07	7.7997
4	1	ethane	0.009773	0.963867	22.33	7757.2239	1375294.4939	4	0	7.441685E-07	0.9620
5	2	propane	0.000837	0.081791	12.24	1714.7951	952927.5260	5	0	4.883076E-07	0.2089
6	2	i-butane	0.000107	0.010478	14.29	290.7882	39425.5766	6	0	3.688964E-07	0.0353
7	2	n-butane	0.000106	0.010367	15.89	283.3521	38176.9311	7	0	3.748673E-07	0.0349
8	2	neo-pentane	0.000106	0.010374	16.69	282.8061	29531.1083	8	0	3.755438E-07	0.0433
9	2	i-pentane	0.000097	0.009514	21.22	290.1013	26104.6298	9	0	3.357591E-07	0.0398
10	2	n-pentane	0.000110	0.010771	23.74	300.9403	27215.5715	10	0	3.664064E-07	0.0450
11	2	n-hexane	0.000102	0.009941	40.74	332.8352	19101.1810	11	0	3.057677E-07	0.0496

Figure 4. Rapport du calcul du contenu énergétique généré par le Micro GC Agilent 990 PRO.

Le Micro GC 990 PRO fonctionne en tant que « détecteur » ou « capteur » pour l'analyse des flux de gaz naturel. Le logiciel PROstation est utilisé pour

- développer des méthodes, notamment les méthodes analytiques, qualitatives et quantitatives, ainsi que la méthode de calcul énergétique ;
- configurer le mode d'automatisation ;
- définir comment sortir les résultats.

Toutes ces « commandes » sont enregistrées sur la carte mère par l'intermédiaire de PROstation. Dans une analyse réelle, le Micro GC PRO peut fonctionner de façon autonome sans connexion au logiciel PROstation. Le résultat de la quantification et le contenu énergétique ne sont pas affichés dans le format présenté avec cette étude si le logiciel PROstation n'est pas connecté. Au lieu de cela, les résultats peuvent être affichés dans une liste déroulante sur l'écran tactile du Micro GC 990 PRO, comme illustré dans la figure 5. De plus, les résultats peuvent être exportés via FTP dans un fichier .txt ou avec le protocole Modbus vers d'autres terminaux pour le suivi et

l'enregistrement. Une autre approche consiste à utiliser une sortie analogique pour générer les résultats d'analyse en signal de tension ou de courant via une connexion vers une carte d'extension analogique (figure 6). La conversion du signal analogique et du résultat de la quantification ou du contenu énergétique peut être prédéfinie et chargée sur la carte mère du GC PRO.

Conclusion

Cette note d'application illustre l'utilisation du Micro GC 990 PRO pour l'analyse de composition du gaz naturel et le calcul de son contenu énergétique. La licence PRO et la licence de mesure d'énergie ont été activées sur le Micro GC 990 PRO afin de permettre la réalisation automatique de l'analyse de composition et du calcul du contenu énergétique du gaz combustible. Tous les processus de l'analyse, depuis l'échantillonnage, la séparation et la quantification jusqu'au calcul de la valeur calorifique et à la sortie des résultats, sont effectués de façon autonome, conformément à la méthode et au mode d'automatisation préenregistrés sur la carte mère du Micro GC PRO. Les méthodes de calcul énergétique sont développées en conformité avec différentes normes internationales, notamment les normes ASTM, ISO, GPA et GOST. Toutes les méthodes sont d'abord développées dans PROstation puis téléchargées sur le Micro GC 990 PRO pour qu'il fonctionne de façon indépendante et automatisée. Les résultats du calcul de contenu énergétique peuvent être affichés sur un écran tactile local ou sortis par l'intermédiaire de FTP, de Modbus et d'un signal analogique pour le suivi et l'enregistrement.



Figure 5. Résultats du calcul de la valeur calorifique affichés sur l'écran tactile du Micro GC Agilent 990 PRO.

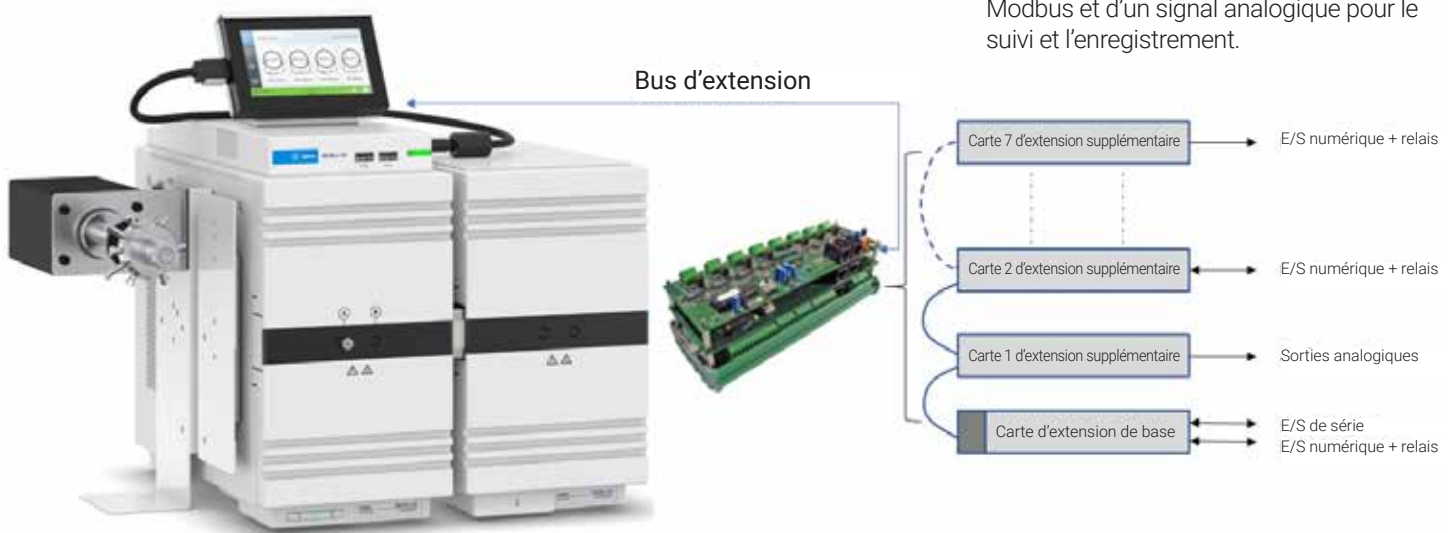


Figure 6. Connexion du Micro GC Agilent 990 PRO à une carte d'extension pour la sortie analogique des résultats d'analyse.

www.agilent.com/chem

Ces informations peuvent être modifiées sans préavis.