Analyse industrielle

UN SECTEUR EN ÉVOLUTION PERMANENTE

Mettler-Toledo - Eric Shambroom

La 31e édition du salon Analyse industrielle ouvrant ses portes les 6 et 7 février prochains, à l'Espace Grande Arche – Paris La Défense (*voir* Mesures *n°900*), c'est l'occasion de faire le point sur ce segment de marché. Entre les grandes tendances que connaissent les différents secteurs industriels (par exemple, celui de l'hydrogène pour les piles à combustible) et les innovations pas aussi mineures qu'il n'y paraît, comme les raccordements au process des analyseurs TDL, ou la recherche constante d'économie, le marché de l'analyse industrielle se doit d'évoluer en permanence.

32
ANALYSE DE GAZ
L'avenir des piles à combustible passe par l'analyse de la qualité de l'hydrogène

35
ANALYSE DE GAZ
Les analyseurs TDL font fi des conditions difficiles

37
CHROMATOGRAPHIE
Prendre en compte tous les coûts est essentiel pour comparer les économies potentielles

Dossier réalisé par
Cédric Lardière

ANALYSE DE GAZ

L'avenir des piles à combustible passe par l'analyse de la qualité de l'hydrogène

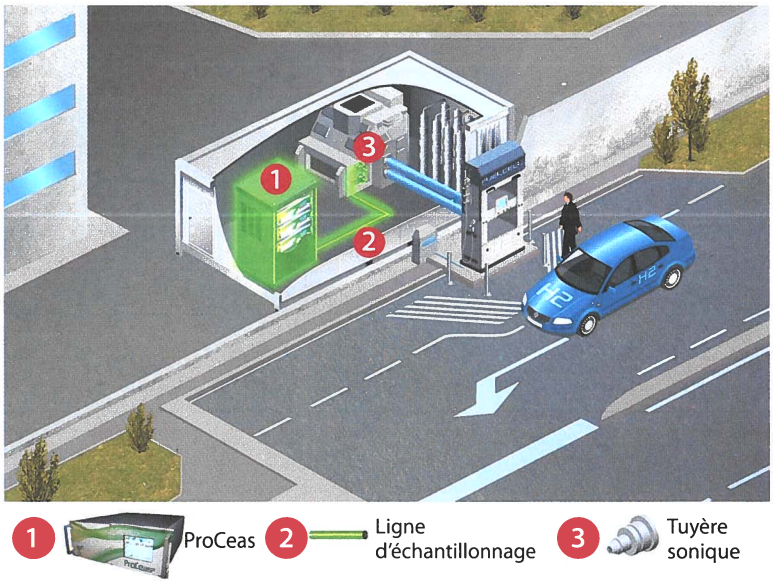
Avec l'arrivée commerciale des premiers véhicules alimentés à l'hydrogène, de nombreux enjeux économiques et technologiques apparaissent. Parmi ceux-ci, on trouve l'obtention d'un hydrogène avec une excellente pureté, condition essentielle pour des piles à combustible de qualité. Des projets européens sont en cours pour faire évoluer les normes, ce qui se traduit par l'évaluation des risques de nuisance des impuretés dans l'hydrogène et le développement de méthodes analytiques pour les ultra-traces.

L'hydrogène, ou dihydrogène (H_2), utilisé comme source d'énergie pour le transport peut sembler encore une idée farfelue pour le commun des mortels, mais l'annonce de Nexo, la prochaine génération de véhicules électriques alimentés à l'hydrogène, par le constructeur coréen Hyundai lors de l'édition 2018 du Consumer Electronic Show (CES), qui s'est déroulé du 9 au 12 janvier à Las Vegas (États-Unis), et la mise en service des premiers vélos électriques à hydrogène en France, à Cherbourg et Saint-Lô, le 11 décembre dernier par la PME biarrote Pragma Industries, montrent bien l'essor de ce nouveau vecteur d'énergie.

Comme l'électricité, l'hydrogène est en effet perçu comme une énergie propre car il permet une utilisation de ressources variées et renouvelables. La production de H_2 pur est issue de l'électrolyse de l'eau (H_2O), selon la réaction suivante : $H_2O + \text{énergie} = \frac{1}{2} O_2 + H_2$. Cela permet, par exemple, de valoriser les surplus de production d'électricité. Autres avantages de l'hydrogène, cette énergie se caractérise par une réduction des énergies fossiles et des gaz à effet de serre – les véhicules alimentés à l'hydrogène n'émettent que de la vapeur d'eau – et une production plus locale. Cela se traduit notamment par l'indépendance énergétique des pays, une meilleure valorisation des productions d'électricité locales en heures creuses.

Et l'hydrogène présente même des avantages sur l'électricité : un stockage d'énergie plus simple, où le H_2 est stocké sous pression, ce qui évite le recours à des batteries électriques, la réduction des coûts de transport, la production pouvant se faire sur site ou l'hydrogène pouvant être acheminé via des pipelines. Comme le H_2 peut être stocké de nombreuses façons et que les piles à combustible à hydrogène sont transportables et adaptables, il existe beaucoup d'applications potentielles, telles que les véhicules (voitures, bus, vélo), les générateurs d'électricité indépendants, les batteries de téléphone, etc.

Schéma d'une station d'hydrogène



Pour le développement des véhicules alimentés à l'hydrogène, l'un des enjeux est de construire les stations de recharge en H_2. Mais la qualité de l'hydrogène dépendra du fournisseur et de son procédé de fabrication, d'où tout l'intérêt de pouvoir déterminer la présence, ou non, d'impuretés au niveau des ultra-traces.

AP2E est impliqué dans deux projets européens

Mais tout n'est pas parfait. De par leur fonctionnement, les piles à combustible à H_2 sont notamment sensibles aux impuretés de l'hydrogène, d'où un impact sur la qualité et les performances des piles (même en présence d'impuretés à l'état de trace) et, au-delà, un problème de responsabilité qui peut se poser. En cas de défaillance, à qui incombe la faute : au fabricant des piles à combustible ? Au gazier ? Au fabricant du véhicule ou de la station de H_2 ? À l'utilisateur final ? Parmi les autres enjeux liés à l'hydrogène, on trouve également l'aspect normatif car, même s'il existe des normes européennes, elles sont aujourd'hui obsolètes. Il y a donc pas mal de choses qui bougent sur ce secteur.

Dans le cadre de l'initiative EMPIR

Que ce soit pour le projet européen de métrologie pour les applications durables d'énergie hydrogène (Hydrogen) ou le projet européen Métrologie pour les véhicules à hydrogène (MetroHyVe), le fabricant français AP2E apporte son expertise sur la mesure d'ultra-traces d'impuretés dans l'hydrogène.

(*European Metrology Programme for Innovation and Research*), l'association européenne des instituts nationaux de métrologie (Euramet) a par exemple lancé les projets européens Hydrogen, dont les objectifs sont l'identification des impuretés problématiques, la quantification de leurs effets sur la durée de vie de la pile à combustible et la recherche de technologies de mesure disponibles sur le marché, et MetroHyVe. Les travaux de ce projet portent sur la recherche de technologies de mesure disponibles sur le marché, la validation de performances et la réalisation de tests d'inter-comparaison.

D'une durée de trois ans (du 1er juin 2016 au 31 mai 2019) et coordonné par le Laboratoire national d'essais et de métrologie (LNE), le projet de métrologie pour les applications durables d'énergie hydrogène (Hydrogen) réunit quatre autres instituts de métrologie nationaux et des industriels, dont Air Liquide, Areva H2Gen, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Quant au projet Métrologie pour les véhicules à hydrogène (MetroHyVe), il est piloté par le National Physical Laboratory (NPL) britannique pour une période de trois ans – il a été lancé en juin 2017 – et regroupe huit autres organismes et des industriels. Le fabricant français AP2E est d'ailleurs impliqué dans ces deux projets européens, pour apporter son expertise sur la mesure d'ultra-traces d'impuretés dans l'hydrogène.

Intéressons-nous d'un peu plus près au projet Hydrogen qui a pour but de revoir la norme actuelle ISO 14687-2:2012 sur la pureté de l'hydrogène, pour permettre une implantation pérenne de l'hydrogène en tant que combustible. L'enjeu est de mieux évaluer le risque de nuisance des impuretés dans l'hydrogène sur les piles à combustible et de développer des méthodes analytiques pour quantifier ces impuretés, pour garantir la qualité du H_2 pour les piles à combustible. Pour cela, l'état de l'art des méthodes analytiques disponibles pour la mesure des impuretés d'hydrogène mentionnées dans la norme ISO 14687-2:2012 a été passé en revue, afin de permettre l'identification des zones à améliorer et d'autres plans à développer en termes de méthodes analytiques.

La présence d'impureté dans l'hydrogène industriel est issue du procédé de fabrication du H_2, et le type d'impuretés dépend également du procédé en question. L'hydrogène est principalement produit par la reformation à la vapeur d'hydrocarbures qui implique une réaction à haute température (+700 à +850 °C) des hydrocarbures (de C1 à C4) avec de la vapeur d'eau pour produire du monoxyde de carbone (CO) et de l'hydrogène. De l'hydrogène supplémentaire est produit au cours de la combinaison subséquente avec un abaissement de la température (+200 à +600 °C) de l'eau par le CO, pour former du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'hydrogène.

Vers une révision de la norme ISO 14687-2 ?

Il est ensuite purifié en utilisant une gamme de méthodes de séparation (membranes inorganiques, métalliques ou céramiques, séparation cryogénique, méthode d'adsorption modulée en pression, etc.). L'hydrogène peut également être facilement produit à partir de l'énergie électrique (électrolyse de l'eau) émise par des sources d'énergie renouvelables, comme le photovoltaïque, l'éolien et l'énergie hydraulique, ou des biomasses par différentes technologies de traitement. Comme les impuretés d'hydrogène restent dans les installations et peuvent s'accumuler pendant l'électrolyse et perturber les réactions électrolytiques, l'eau doit être aussi pure que possible.

La norme ISO 14687-2:2012 liste les concentrations maximales pour 13 impuretés gazeuses (*voir tableau page 34*) qui ne devraient pas être dépassées dans

les piles à combustible alimentées en hydrogène. La norme suggère d'évaluer les concentrations molaires d'impuretés dans l'hydrogène produites par différentes méthodes. Ces techniques présentent des limites de détermination (ou de quantification) qui sont souvent à peine inférieures aux spécifications de la norme, voire même plus élevées pour le formaldéhyde et les composés halogénés totaux.

Parmi les techniques qui ont fait l'objet de l'étude comparative dans le cadre du projet européen Hydrogen, on trouve notamment l'analyse de point de rosée, la spectroscopie CRDS (*Cavity Ring Down Spectroscopy*), le système de couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC-MS) avec ou sans injection à air pulsé, la spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier (FTIR), l'OFCEAS (*Optical Feedback Cavity Enhanced Absorption Spectroscopy*), la détection à ionisation de flamme (FID), la chromatographie ionique avec concentration, la spectroscopie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) et d'autres systèmes de couplage chromatographique (GC-TCD, GC-PDHID, GC-ELCD, TD-GC-MS, etc.).

Les premiers résultats de l'étude comparative montrent qu'il est possible d'analyser 11 des 13 impuretés de l'hydrogène gazeux en couplant deux techniques, à savoir la CRDS et la GC-MS avec préconcentration, en prenant en compte qu'un système CRDS est nécessaire par impureté recherchée. Il reste néanmoins encore des développements à faire. La validation de l'analyse de l'hélium avec la méthode GC-MS et la conformité à la spécification doit être qualifiée, et l'analyse de l'acide formique doit être validée avec la méthode CRDS selon la spécification de la norme. La technique GC-MS peut être mise en œuvre pour la détermination de la plupart des halogénures organiques, mais pas pour celle des halogènes diatomiques réactifs lorsqu'une autre méthode est recommandée. Enfin, les composés soufrés peuvent être analysés (de préférence par une méthode de spéciation) avec une technique adaptée et qualifiée.

Exigence de qualité de l'hydrogène spécifiée par la norme ISO 14687-2

Composés	Concentrations maximales
Eau	5 µmol/mol
Hydrocarbures totaux	2 µmol/mol
Dioxygène	5 µmol/mol
Helium	300 µmol/mol
Azote total et Argon	100 µmol/mol
Dioxyde de carbone	2 µmol/mol
Monoxyde de carbone	0,2 µmol/mol
Composés soufrés totaux	0,004 µmol/mol
Formaldéhyde	0,01 µmol/mol
Acide formique	0,2 µmol/mol
Ammoniac	0,1 µmol/mol
Composés halogénés totaux	0,05 µmol/mol

La technique OFCEAS très bien placée

Étant donné que la technique développée par AP2E s'appuie sur le même principe de mesure que la méthode CRDS (voir Mesures n° 829), l'OFCEAS a été référencé comme étant capable d'analyser différents composés. La société a ainsi développé un analyseur ProCeas pour la mesure des composés demandés, avec la possibilité soit de mesurer un ensemble de composés, soit de se concentrer sur les composés les plus critiques en fonction de l'application ou du procédé. Rappelons que l'OFCEAS(*) utilise le principe d'une cavité étendue associée à des miroirs de haute réflectivité pour accroître la longueur des trajets optiques jusqu'à une dizaine de kilomètres (au lieu d'une dizaine de mètres) et donc d'abaisser les limites de détection au ppb.

Les deux principales originalités de la technologie d'AP2E sont son principe de "Feedback" et la mise en basse pression de la cuve et de l'ensemble de la chaîne de prélèvement. Avec le Feedback, une partie du rayonnement émis est renvoyée de la cavité vers le laser, permettant d'accorder le laser et la cuve pour créer un phénomène de résonance. On obtient alors l'émission de longueurs d'onde d'intensité particulièrement forte et de largeur spectrale très fine. Il en résulte une mesure d'une très haute résolution spectrale.

La seconde innovation, baptisée *Low Pressure Sampling* (LPS), permet de véhiculer l'échantillon de gaz du point de prélèvement à l'analyseur, sans système de traitement des prélèvements ni lignes chauffées. Il n'y a également aucun risque d'absorption/désorption des composés et de condensation car on se situe en dessous du point de rosée : l'intégrité des échantillons est ainsi assurée. Autres avantages, le faible débit d'aspiration (10 l/h, près de 10 fois moins qu'avec les appareils concurrents, d'où un volume de seulement 1 ou 2 l) permet d'obtenir des temps de réponse inférieurs à 10 s et de réduire l'encrassement du système d'échantillonnage.

S'il reste encore des développements à faire, comme de nouvelles techniques de mesure au niveau ppb pour l'acide formique, et la poursuite des projets européens, AP2E fonde beaucoup d'espoirs sur le marché de l'hydrogène comme source d'énergie d'avenir, la société ayant d'ailleurs déjà enregistré des commandes. L'enjeu est de construire les stations de recharge en H_2 –toutes les stations ne seront pas associées à un même fournisseur et donc à une même production–, des installations indispensables pour le développement des véhicules alimentés à l'hydrogène.

David Chauvel, directeur commercial d'AP2E et Etienne Smith, commercial hors France chez AP2E
Article adapté par Cédric Lardière

(*) *Les technologies OFCEAS et LPS sont exploitées exclusivement par AP2E via les brevets respectifs WO 03031949 et WO 2010058107.*

ANALYSE DE GAZ

Les analyseurs TDL font fi des conditions difficiles

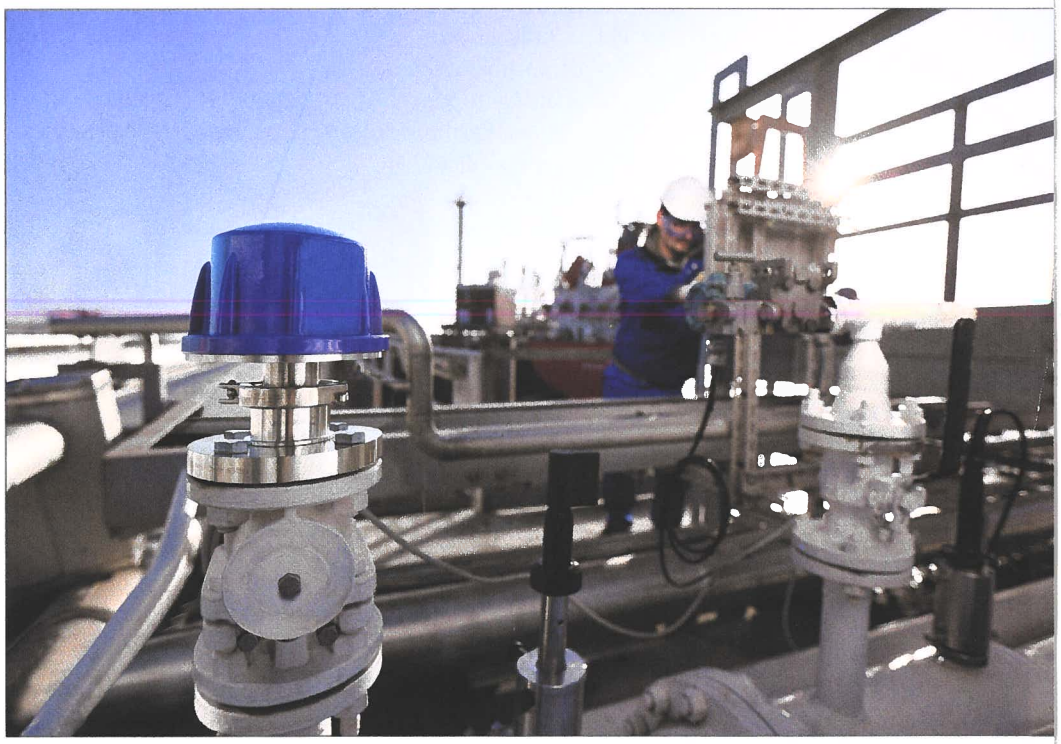
Si les analyseurs à diode laser ajustable (TDL), en conception dite en faisceau croisé (cross-stack), ont apporté des avantages indéniables à la mesure des gaz dans les procédés industriels, il arrive encore qu'ils affichent certains inconvénients dans des applications bien particulières. Le fabricant américano-helvétique Mettler-Toledo Analyse industrielle explique que des raccords procédés particuliers permettent de repousser les limites en présence de hautes températures, de process poussiéreux, d'applications d'inertage.

Dans le domaine de la mesure et du contrôle des gaz dans les procédés industriels, l'arrivée des analyseurs à diode laser ajustable (TDL) s'est accompagnée d'avantages indéniables pour les utilisateurs. Ces analyseurs sont en effet réputés, à juste titre, pour leurs mesures fiables, rapides – la mesure est in situ, contrairement à une analyse extractive – des concentrations de gaz, ainsi que des mesures obtenues sans difficultés. Toutefois, lorsque l'on parle d'analyseurs TDL, il s'agit bien souvent de modèles reposant sur une conception en *cross-stack*, où la source laser et le récepteur sont deux éléments distincts, installés de part et d'autre d'une conduite ou d'une cheminée.

Ces analyseurs TDL comportent des limites quant à la largeur minimale de conduite nécessaire à leur fonctionnement, aux difficultés d'installation et d'alignement, d'où le respect d'un certain nombre de prérogatives d'implantation –un système d'ajustage permet d'atteindre l'angle de 1 à 2° accepté, mais cette opération est vite compliquée à faire en haut d'une cheminée, par exemple–, ainsi que des limites relatives à la température de procédé et au taux de particules dans le flux de gaz. Sans compter une fiabilité des mesures uniquement dans un éventail limité d'emplacements dans un procédé. Par ailleurs, une fois installés à un emplacement approprié, les analyseurs TDL *cross-stack* ont tendance à utiliser des quantités considérables de gaz de purge, afin de maintenir un chemin optique constant (absence d'air) et d'entretenir les optiques. Avec deux systèmes de purge au niveau des têtes et autant pour le process, la consommation d'azote peut atteindre jusqu'à 300 l/min ; et plus l'analyseur TDL *cross-stack* est long, plus il y a de brides et plus il y a de purges.

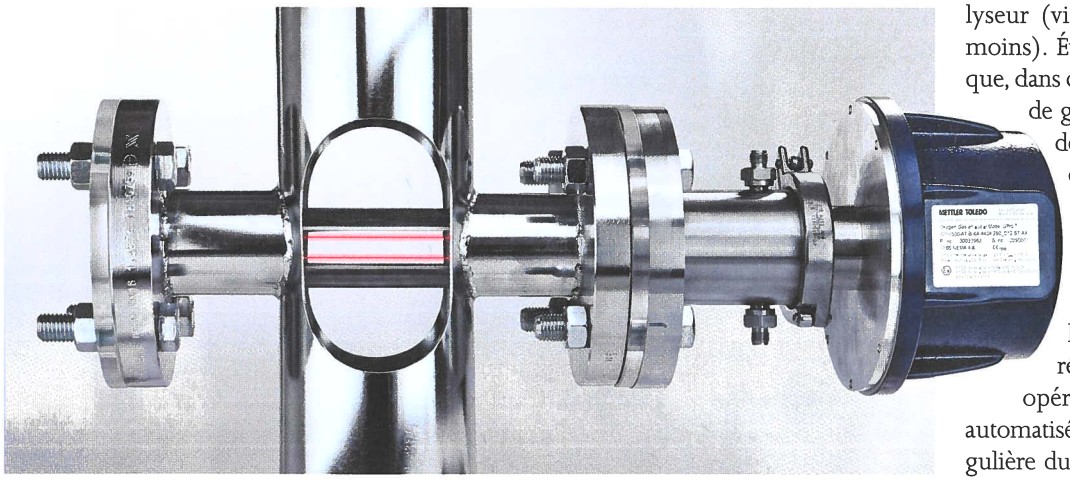
Une conception « repliée »

Avec une conception où le chemin optique est « replié », comme c'est le cas avec les analyseurs TDL GPro 500 de l'américano-helvétique Mettler-Toledo Analyse industrielle – grâce à un prisme (*corner cube*) qui renvoie vers la tête émettrice le laser émis, source et récepteur sont donc du même côté –, le fonctionnement est plus pratique, plus flexible et plus économique. Premier avantage, un tel analyseur TDL peut ainsi disposer d'un chemin optique minimum de 104 mm, avec une sonde à bride sectionnelle, soit des conduites d'un diamètre nominal DN50. Les autres avantages qui en découlent sont l'absence de perte de charge et d'augmentation de la pression, une meilleure insensibilité aux fortes vibrations, ainsi qu'une installation très facile. Il n'y a en effet plus de problèmes d'alignement et une seule bride suffit dans la plupart des cas. Enfin, la consommation en gaz de purge est également réduite significativement, de l'ordre de 0,2 à 1 l/min au niveau de la tête et entre 2 et 3 l/min au niveau du process.



Dans le domaine de la mesure des gaz dans les procédés industriels, l'arrivée des analyseurs à diode laser ajustable (TDL) s'est accompagnée d'avantages indéniables pour les utilisateurs. Ces analyseurs fournissent des mesures fiables et rapides des concentrations de gaz, ainsi que des mesures obtenues sans difficultés.

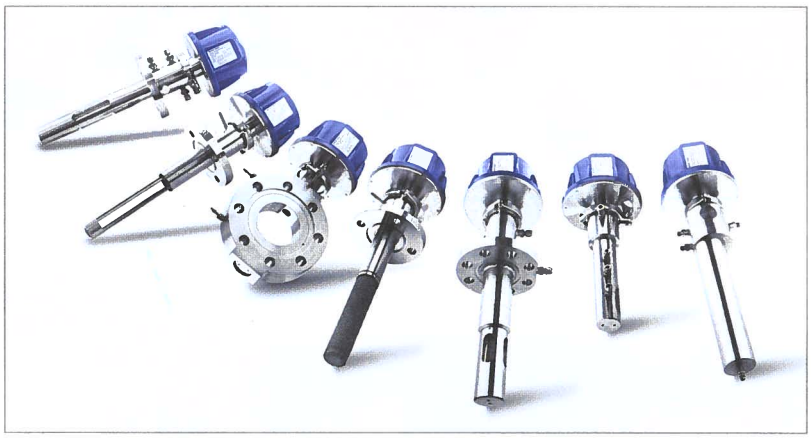
Pour étendre encore plus les applica-



Contrairement aux modèles de type cross-stack, où la source laser et le récepteur sont installés de part et d'autre d'une conduite ou d'une cheminée, la conception où le chemin optique est « replié », choisie par Mettler-Toledo Analyse industrielle, se distingue par un fonctionnement plus pratique, plus flexible et plus économique.

tions des analyseurs TDL, les utilisateurs peuvent mettre en œuvre différents types de raccordements au process, tels que ceux développés par Mettler-Toledo Analyse industrielle. On trouve par exemple des raccords sectionnels (*wafers*) en ligne, des sondes à immersion dotées d'un raccord ne requérant aucun gaz de purge, avec filtre à particules protégé, ou d'un raccord compatible avec un système extractif existant. Quels que soient les raccords process, leur flexibilité est essentielle pour la simplicité d'installation et, in fine, la réalisation de mesures réellement représentatives du gaz à l'endroit adéquat sur la ligne de procédé. Rappelons qu'un analyseur réalisant des mesures in situ doit toujours prendre en compte les conditions variables du procédé et être en mesure de procéder à une compensation automatique. Une compensation précise de la température et de la pression est donc fortement recommandée. De même, le système doit impérativement être robuste puisqu'il est en contact direct avec le gaz.

Intéressons-nous à plusieurs applications que l'on peut rencontrer dans les procédés industriels. Pour les flux de gaz contenant des condensats, des particules ou des matériaux susceptibles d'encrasser l'optique du capteur, il est possible d'utiliser une sonde avec système de purge. La sonde est insérée dans le conduit ou la cheminée, là où la mesure est exigée. Comme le gaz circule à travers les ouvertures dans la sonde, un gaz de purge est injecté en continu pour créer un tampon entre l'optique et le gaz mesuré. Le gaz de purge est propre et sec –il s'agit généralement de l'azote–, de sorte qu'il ne gêne pas l'optique. En sortie, il se décharge dans le process. On retrouve ce système de purge dans les sondes de type *wafer*, ainsi que le même concept pour les applications faisant intervenir de la vapeur d'eau. Dans ce cas de figure, il s'agit de bloquer les molécules d'eau, ce qui peut permettre de s'affranchir d'un traitement en amont.



Pour étendre encore plus les applications des analyseurs TDL, les utilisateurs ont à leur disposition différents types de raccordements au process originaux. On trouve par exemple des raccords sectionnels (wafers) en ligne, des sondes à immersion dotées d'un raccord ne requérant aucun gaz de purge, avec filtre à particules protégé, ou d'un raccord compatible avec un système extractif existant.

Des lieux jusqu'ici inaccessibles

Pour les flux de gaz propres, sans condensation, il existe des sondes sans système de purge. On retrouve, comme dans le cas précédent, la sonde insérée dans le conduit et le gaz qui circule dans la sonde pour une mesure immédiate. Les applications types pour les sondes sans purge sont l'inertage et celles où le débit gazeux est trop faible pour l'expulsion du gaz de purge hors de l'analyseur (vitesse du gaz de 1 m/s ou moins). Évidemment, il peut arriver que, dans certaines applications, le flux de gaz non condensé contienne des particules. Dans ce cas précis, Mettler-Toledo Analyse industrielle a développé l'option Blowback. La sonde est alors équipée d'un raccord spécifique qui est utilisé pour nettoyer le filtre par rétro-soufflage régulier. Cette opération peut d'ailleurs être automatisée. Aucune maintenance régulière du filtre n'est requise, mais le filtre doit quand même être changé tous les ans.

Enfin, dans les flux de gaz propres et secs, qui sont donc déjà pré-conditionnés, il est envisageable de mettre en œuvre une cellule dite extractive. Les gaz pré-conditionnés sont introduits dans la sonde d'extraction, traversent le chemin optique et en sortent ensuite. Les avantages sont notamment un excellent temps de réponse et l'absence de rupture pouvant amener une situation catastrophique. L'une des principales conditions est l'obligation de disposer d'un système d'échantillonnage et de conditionnement extractif des gaz. Au vu des possibilités offertes par les raccords procédés et des développements que font encore les fabricants comme Mettler-Toledo Analyse industrielle, d'aucuns ne pourront plus dire qu'il est impossible d'installer un analyseur de gaz TDL n'importe où dans un procédé industriel.

Philippe Dejour, chef produits chez Mettler-Toledo Analyse industrielle.
Article adapté par Cédric Lardière

CHROMATOGRAPHIE

Prendre en compte tous les coûts est essentiel pour comparer les économies potentielles

Au fur et à mesure que les demandes de production augmentent, que la réglementation se resserre et que les ressources humaines pour l'instrumentation analytique deviennent plus difficiles à sécuriser, la nécessité de trouver des solutions viables pour relever les défis analytiques des usines s'avère encore plus intense. Dans cet article, l'helvético-suédois ABB présente, chiffres à l'appui, l'avantage de son chromatographe en phase gazeuse PGC1000, comparé à un modèle traditionnel, en termes de coûts.

Pour un industriel, choisir un instrument de mesure ou de contrôle le mieux adapté à son procédé peut s'avérer assez difficile, car de nombreux critères rentrent en compte. Prenons par exemple un chromatographe en phase gazeuse. Au-delà des performances métrologiques et des autres caractéristiques, la durée de vie d'un tel appareil peut atteindre une quinzaine d'années, ce qui a forcément des conséquences sur son efficacité opérationnelle et sa rentabilité économique.

Dans cet article, l'helvético-suédois ABB présente, chiffres à l'appui, ce que peut apporter son chromatographe en phase gazeuse PGC1000, comparé à un modèle traditionnel du marché –les vannes, les détecteurs et les fours d'un tel modèle sont séparés, l'air est exigé et un shelter est nécessaire–, pour optimiser l'efficacité opérationnelle et la rentabilité économique, quand cela est possible sur le plan opérationnel. Parmi les économies de coûts évaluées, on trouve le coût unitaire de l'instrument

À DÉCOUVRIR !

ELECTRONIQUES

Le portail de **l'électronique** et du **numérique**

www.electroniques.biz

L'INFORMATION DE RÉFÉRENCE DES DÉCIDEURS ET INGÉNIEURS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

Gains financiers de fonctionnement

Paramètre	Economie annuelle (6 appareils)
Utilités du shelter CVC	8 400 $
Utilisation de gaz porteur	21 000 $
Utilisation de gaz étalons	19 380 $
Consommation d'air	9 461 $
Consommation d'énergie	2 064 $
Maintenance	50 400 $
Pièces détachées	-759 $
Gains totaux	109 946 $

Économies financières d'investissement

Paramètre	Économie d'investissement
6 chromatographes et shelter	412 300 $
Transport en Chine	6 684 $
Formation (2 personnes)	12 400 $
Gains totaux	431 384 $

Pour une nouvelle usine produisant 800 000 t d'éthylène par an, deux semaines d'exploitation supplémentaire peuvent représenter 34,9 millions de dollars en éthylène la première année. Dans le cas d'une usine existante, les revenus sont considérablement moins importants, mais l'usine bénéficie d'une plus grande efficacité – un gain d'efficacité de 10 % correspond à 3,5 M$. Le coût lié aux pièces détachées est plus élevé avec le PGC1000, à cause de sa modularité.

de mesure, le shelter (y compris les coûts d'ingénierie, d'installation et d'utilités liées au Chauffage, Ventilation, Climatisation [CVC]), le transport domestique et international, la formation, la consommation en gaz vecteur, en gaz étalons et en air, la consommation en énergie, la planification des maintenances et le taux de service, ainsi que les pièces de rechange.

Le chromatographe en phase gazeuse d'ABB s'accompagne d'avantages opérationnels intangibles significatifs, qui offrent aux industriels de la valeur grâce à sa commodité, sa flexibilité, une qualité améliorée et des gains de temps. Il s'agit, entre autres, de la réduction de la gestion des stocks de pièces de rechange, de la flexibilité du travail, qui se traduit par le nombre plus important d'analyseurs pris en charge par le personnel via une formation, une mise en service et une maintenance simplifiées, ainsi qu'un encombrement réduit de l'appareil pour de meilleurs choix de conception de l'usine. On trouve également un impact environnemental atténué, avec l'option d'alimentation sur panneaux solaires, des applications prédéfinies et pré-testées, assurant des performances constantes d'une unité à l'autre, des systèmes de manipulation d'échantillons standardisés et rentables – les systèmes personnalisés sont encore beaucoup plus économiques.

Dans le cas d'une nouvelle usine, au cours d'une période de démarrage et de mise en service, le PGC1000 ne nécessitant aucun shelter, l'industriel peut être plus rapidement opérationnel : il ne faut en effet qu'une semaine, voire moins, pour installer et mettre en service un PGC1000, au lieu de trois semaines en moyenne avec un chromatographe en phase gazeuse traditionnel. Cela se traduit donc par des revenus supplémentaires au cours de la première année. Pour une nouvelle usine produisant 800 000 t d'éthylène par an,

Coûts d'investissement en équipements

		Chromatographes traditionnels	Chromatographes PGC1000
Coûts des chromatographes et du shelter par catégorie	Coût unitaire moyen	50 000 $ x 6 = 300 000 $	20 000 $ x 6 = 120 000 $
	Shelter	3,1 x 4,9 m à 500 $/0,3 m² = 80 000 $	0 $
	Transport de l'échantillon	5 000 $ x 6 = 30 000 $	0 $
	Système d'échantillonnage	10 000 $ x 6 = 60 000 $	1 700 $ x 6 = 10 200 $
	Installation et mise en service	300 000 $ x 15 % = 45 000 $	2 500 $ x 6 = 15 000 $
	Coûts d'ingénierie	300 000 $ x 15 % = 45 000 $	0 $
	Coût total	560 000 $	147 700 $
Coûts de transport par pays	Houston (Etats-Unis)	644 $ x 6 = 3 864 $	86 $ x 6 = 516 $
			Gains : 3 348 $ (558 $ par unité)
	Pékin (Chine)	1 447 $ x 6 = 8 682 $	333 $ x 6 = 1 998 $
			Gains : 6 684 $ (1 114 $ par unité)
Coûts de formation	Cours de base (Niveau 1)	2 000 $ par personne	1 000 $ par personne
	Cours avancé (Niveau 2)	2 000 $ par personne	1 000 $ par personne
	Réseau d'analyseurs Maxum II	2 000 $ par personne	0 $
	Programmation MaxBasic (Maxum)	2 200 $ par personne	0 $
	Coût total	8 200 $ par personne	2 000 $ par personne

Ce tableau détaille les coûts d'investissement en équipements pour un projet comprenant six chromatographes en phase gazeuse traditionnels et six PGC1000. Le choix d'un projet de six appareils reflète en fait l'utilisation d'un shelter de taille moyenne. Les coûts d'investissement sont les dépenses initiales (ponctuelles) pour l'achat et l'installation d'un processus chromatographique.

Coûts de fonctionnement

		Chromatographes traditionnels	Chromatographes PGC1000
Coûts opérationnels/frais d'exploitation annuels	Shelter CVC par mois	700 $ x 12 = 8 400 $	0 $
	Utilisation de gaz porteurs	8 bouteilles d'He à 500 $ x 6 = 24 000 $	1 bouteille d'hélium à 500 $ x 6 = 3 000 $
	Utilisation de gaz étalons	3 bouteilles d'étalons à 1 200 $ x 6 = 21 600 $	1 bouteille d'étalons à 370 $ x 6 = 2 220 $
	Consommation d'air	4,32 $/j x 365 j x 6 = 9 461 $	0 $
	Consommation d'énergie	0,04 $/h x 8 760 h x 6 = 2 100 $	0,00064 $/kWh x 8 760 h x 6 = 36 $
	Maintenance	12 interventions de 4 h à 200 $/h x 6 = 57 600 $	4 interventions de 2 h à 150 $/h x 6 = 7 200 $
	Pièces détachées	1 200 $ x 6 = 7 200 $	7 959 $
	Coût annuel	130 361 $	20 415 $
	Coûts sur 15 ans	1,96 M$	306 000 $
Coûts de maintenance	Planning de maintenance	Mensuel	Trimestriel
	Temps moyen passé	4 h	2 h
	Taux horaire	200 $/h	125 $/h

Les coûts opérationnels s'étendent évidemment à la durée de vie du chromatographe en phase gazeuse, qui peut attendre 15 ans. En ce qui concerne les pièces de rechange, qui ne sont pas prises en compte dans ces deux tableaux, leurs coûts pendant la durée de vie de l'analyseur peuvent être estimés à 7 200 $ pour six chromatographes traditionnels et à 7 959 $ pour six PGC1000.

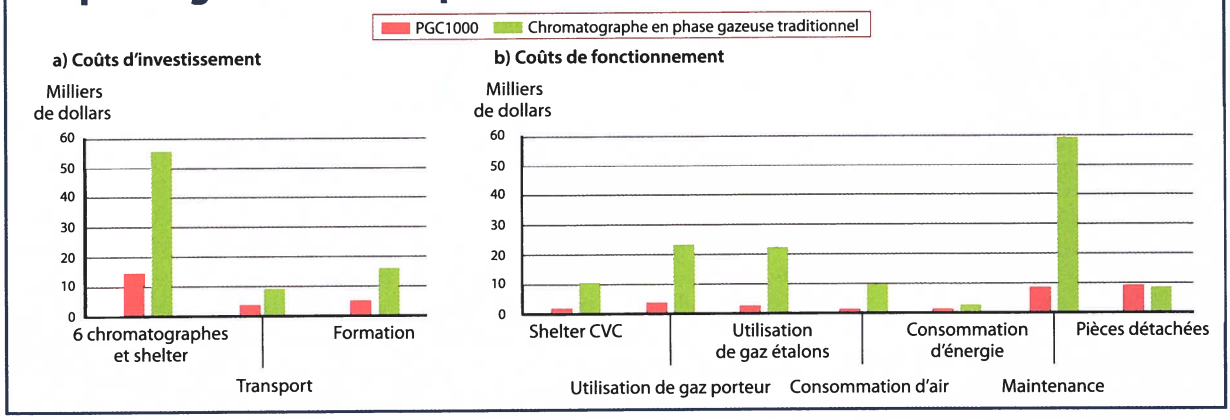
deux semaines d'exploitation supplémentaires peuvent représenter 34,9 millions de dollars en éthylène.

Dans le cas d'une usine existante, les revenus sont considérablement moins importants, mais l'usine bénéficie d'une plus grande efficacité – un gain d'efficacité de 10 % correspond à 3,5 M$. Il convient toutefois de signaler que, bien que le PGC1000 apporte aux industriels d'énormes économies au niveau opérationnel, la portée de ses applications est plus limitée que celles des modèles traditionnels. C'est souvent dû à la plage de fonctionnement de - 18 à + 55 °C du PGC1000. Pour étendre au-delà l'environnement de fonctionnement, une protection contre le soleil est nécessaire pour les températures plus élevées et un boîtier spécial, pour les températures plus froides (jusqu'à - 40 °C). Les deux solutions se traduisent par un surcoût d'environ 4 500 dollars par chromatographe en phase gazeuse.

Article traduit et adapté par Cédric Lardière

Au-delà des performances métrologiques et des autres caractéristiques, la durée de vie d'un chromatographe en phase gazeuse peut atteindre une quinzaine d'années, ce qui a forcément des conséquences sur son efficacité opérationnelle et sa rentabilité économique.

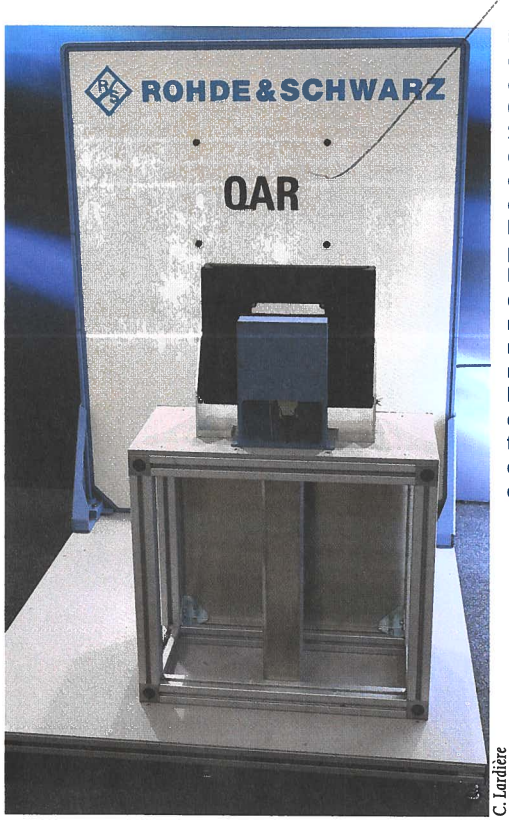
Gains financiers entre un PGC1000 et un chromatographe en phase gazeuse classique



COMPTE-RENDU EUMW 2017

Les technologies de demain, à l'honneur du salon des RF et micro-ondes

Le véhicule connecté et, plus généralement, la 5e génération des télécommunications (5G), les drones, etc. sont autant de nouvelles technologies pour lesquelles les besoins en termes de test et de mesure en RF et en micro-ondes sont forcément à la hausse. À côté des différents cycles de conférences techniques, les visiteurs ont ainsi pu découvrir les innovations lancées à l'occasion de l'édition 2017 d'European Microwave Week (EuMW).



C. Lardière

La technique d'imagerie au cœur du système QAR de Rohde & Schwarz est issue des scanneurs corporels mis en œuvre dans les aéroports, par exemple. Elle permet de mesurer très rapidement la réflectivité des radars, tels que les radômes logos et les pare-chocs fonctionnant entre 77 et 79 GHz.

Nuremberg. S'il fallait résumer en un mot ou, dans ce cas précis, en une image l'édition 2017 du salon European Microwave Week (EuMW), qui s'est tenue du 8 au 13 octobre dernier, à Nuremberg (Allemagne), ce serait l'illustration d'un véhicule avec ses différentes technologies de détection et de communication. Est-ce que le fait d'être en Allemagne y a contribué ? En tout cas, dès le hall d'entrée, une zone accueillait une exposition dédiée à des démonstrateurs technologiques et des véhicules d'essais de noms tels que les allemands Mercedes-Benz, Bosch et Hella, ainsi que le français Valeo. Un simulateur de conduite intelligent offrait aux visiteurs une expérience pratique, et les véhicules d'essais, équipés de radars, étaient disponibles à l'extérieur du parc d'exposition pour des tests dans l'environnement urbain de Nuremberg.

Du côté des conférences techniques, l'accent était mis sur les systèmes d'aide à la conduite avancée (*Advanced Driver Assistance Systems* ou ADAS) dans le cadre de la conduite hautement automatisée (*Highly Automated Driving* ou HAD) dans le futur, avec quatre ateliers et trois sessions au sein de l'European Radar Conference (EuRAD) abordant le sujet. Preuve, s'il fallait encore en douter, du rôle essentiel que jouent les technologies RF et hyperfréquences dans l'évolution de l'industrie. Et les fabricants de test et de mesure sont d'ailleurs aux avant-postes, à commencer par l'américain National Instruments et l'allemand Rohde & Schwarz.

À l'occasion d'une conférence de presse organisée le premier jour de l'exposition, le premier a dévoilé le Vehicle Radar Test System (VRTS ; voir *Mesures* n°899) – une version bêta avait d'ailleurs été présentée l'année précédente. *« Il s'agit d'une plateforme unique pour la simulation des cibles radar et les mesures RF. Ce n'est pas un rejeu, mais une simulation en*