

Mesure de traces d'impuretés dans l'hydrogène UHP pour les piles à combustible

Pour une qualité et une sécurité fiables

Mesure de traces d'impuretés dans l'hydrogène UHP pour les piles à combustible

Les piles à combustible à l'hydrogène offrent plus de fiabilité et une empreinte carbone plus réduite que les systèmes diesel ou à batteries. L'hydrogène d'ultra-haute pureté (UHP) est nécessaire pour produire de l'énergie de manière optimale, et le respect des normes les plus strictes représente un défi, aussi bien pour les industriels et la logistique que pour les utilisateurs finaux.

Process Sensing Technologies dispose d'appareils de mesure de précision ainsi que d'une bonne expérience dans ce secteur et est donc en mesure de proposer une solution complète de détection d'impuretés pour ces applications.

Qu'est-ce qu'une pile à combustible à l'hydrogène ?

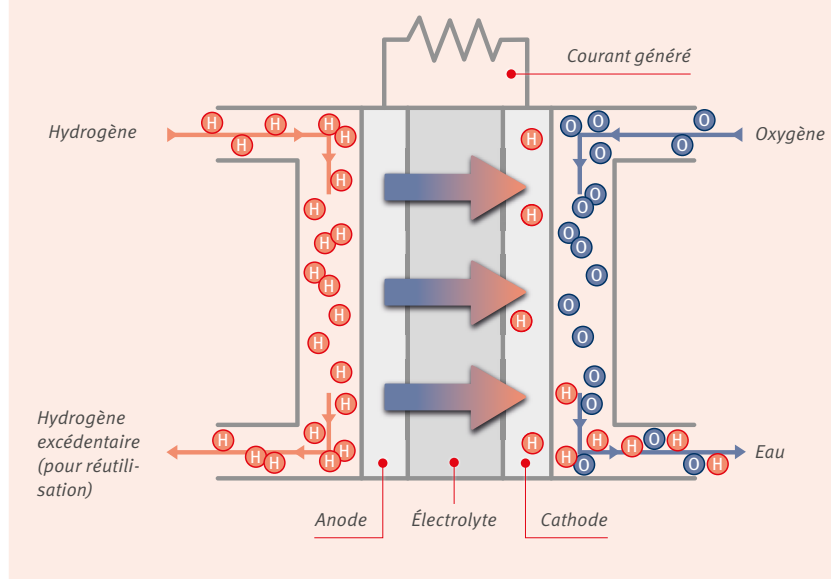
Une pile à combustible à l'hydrogène est une cellule électrochimique qui transforme l'énergie chimique d'un combustible (l'hydrogène dans ce cas) et d'un oxydant (souvent l'oxygène) en courant électrique, par des réactions chimiques de réduction et d'oxydation.

Les piles à combustible sont proposées sous de nombreuses variantes mais fonctionnent toutes selon le même principe. Elles sont constituées de trois éléments adjacents :

- l'anode
- l'électrolyte
- la cathode

Deux réactions chimiques se produisent aux interfaces de ces trois différents composants. Ces deux réactions entraînent la consommation du combustible, tout en produisant de l'eau et en générant du courant électrique, qui peut être utilisé pour alimenter des appareils électriques (appelés « charges »).

Comment une pile à combustible à hydrogène produit-elle de l'électricité ?



Où sont utilisées les piles à combustible ?

Les grosses piles à combustible stationnaires sont utilisées pour la production d'énergie primaire et de secours dans les commerces, les industries et les résidences. En voici quelques exemples :

- Vaisseaux spatiaux
- Stations météorologiques dans des lieux isolés
- Grands parcs
- Fermes de données et centres de communication
- Sites isolés, stations recherche entre autres
- Applications militaires

Secteur des transports

Une pile à combustible est compacte, légère et ne nécessite aucun composant mobile important, elle est donc idéalement adaptée aux applications du transport, particulièrement pour les gros véhicules :

- Bus
- Véhicules utilitaires et bennes de collecte des déchets
- Chariots élévateurs
- Trains
- Navires
- Avions
- Sous-marins
- Fusées
- Véhicules particuliers

Étant donné que le seul rejet des piles à combustible est l'eau, celles-ci représentent une source d'énergie nettement plus propre que les moteurs traditionnels à combustion et évitent les problèmes écologiques et éthiques liés à la production et à l'élimination des piles au lithium, utilisées pour de nombreux véhicules électriques.

Pourquoi la pureté de l'hydrogène est-elle importante et comment l'obtient-on ?

L'hydrogène ultra-pur est nécessaire pour les piles à combustible, afin d'optimiser la longévité de l'électrolyte et des catalyseurs. L'hydrogène utilisé doit satisfaire la norme ISO 14687 partie 2, dans laquelle les exigences de la qualité de l'hydrogène en tant que carburant pour toutes les stations commerciales de ravitaillement en hydrogène sont spécifiées, pour les véhicules à pile à combustible (FCV) à membrane à échange de protons (PEM). Les valeurs seuils admissibles pour les impuretés sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Composant	Formule chimique	Valeur seuil	En tenant compte des processus de test en laboratoire à l'étude et en développement	Limite minimale de détection lors des analyses
Teneur en hydrogène dans le carburant	H ₂	>99,97 %		
Total des composants admissibles non indiqués ci-dessous : pas d'hydrogène, pas d'hélium, pas de particules		100 ppm		
Valeur seuil admissible pour chaque composant individuel				
Eau	H ₂ O	5 ppm	ASTM D7653-10, ASTM D7649-10	0,12 ppm
Total des hydrocarbures (Base C ₁)		2 ppm	ASTM D7675-11	0,1 ppm
Oxygène	O ₂	5 ppm	ASTM D7649-10	1 ppm
Hélium		300 ppm	ASTM D1945-03	100 ppm
Azote, argon	N ₂ , Ar	100 ppm	ASTM D7649-10	5 ppm
Dioxyde de carbone	CO ₂	2 ppm	ASTM D7649-10, ASTM D7653-10	0,1 ppm
Monoxyde de carbone	CO	0,2 ppm	ASTM D7653-10	0,01 ppm
Soufre total		0,004 ppm	ASTM D7652-11	0,00002 ppm
Formaldéhyde	HCHO	0,01 ppm	ASTM D7653-10	0,01 ppm
Acide formique	HCOOH	0,2 ppm	ASTM D7550-09, ASTM D7653-10	0,02 ppm
Ammoniaque	NH ₃	0,1 ppm	ASTM D7653-10	0,02 ppm
Halogéné, total		0,05 ppm	(article de travail 23815)	0,01 ppm
Concentration de particules		1 mg/kg	ASTM D7650-10, ASTM D7651-10	0,005 mg/kg

Quelles sont les différentes sources d'hydrogène et comment les mesures diffèrent-elles ?

La plupart de l'hydrogène est produit à partir du gaz naturel par reformage à la vapeur du méthane – on parle alors d'hydrogène « gris ». L'inconvénient est qu'une grande quantité de dioxyde de carbone est produite comme sous-produit lorsque le méthane (CH₄) est décomposé en ses molécules.

Étant donné que le gaz naturel est constitué d'un mélange d'hydrocarbures sous forme gazeuse et liquide, ainsi que d'autres impuretés, ce processus de production de l'hydrogène entraîne également la formation de polluants hautement toxiques, tels que le dioxyde de soufre et le formaldéhyde.

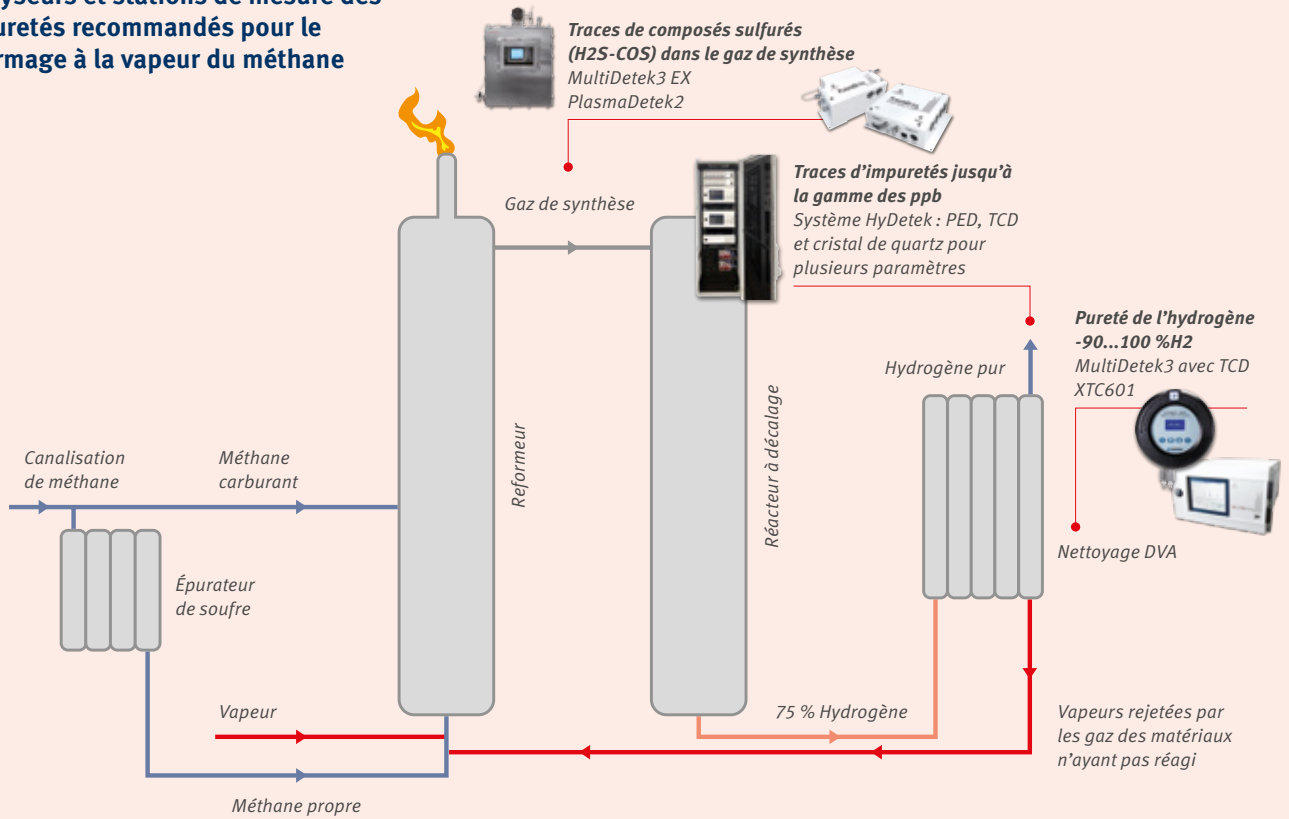
L'hydrogène « vert » est produit à partir d'énergie électrique provenant de sources renouvelables (éolienne, solaire, etc.) pour l'électrolyse de l'eau. Au cours de ce processus, H₂O est décomposé en molécules d'hydrogène et d'oxygène.

Bien que l'électrolyse soit un processus propre et qui ne génère pas de produits toxiques dangereux, elle est plus onéreuse que le traitement du gaz naturel. Malgré ces points faibles, l'hydrogène issu du gaz naturel reste la méthode la plus écologique par rapport à l'utilisation de gaz naturel comme carburant, puisque le dioxyde de carbone peut être

collecté directement au cours du processus de fabrication dans les usines de traitement. Pour ces deux raisons, l'hydrogène gris restera encore quelque temps prédominant dans la production. Le processus de reformage du gaz naturel par la vapeur, utilisé pour la production d'hydrogène convient également pour le biométhane. Il a l'avantage de générer moins de sous-produits nocifs et de pouvoir être mis en œuvre sur le site de production.

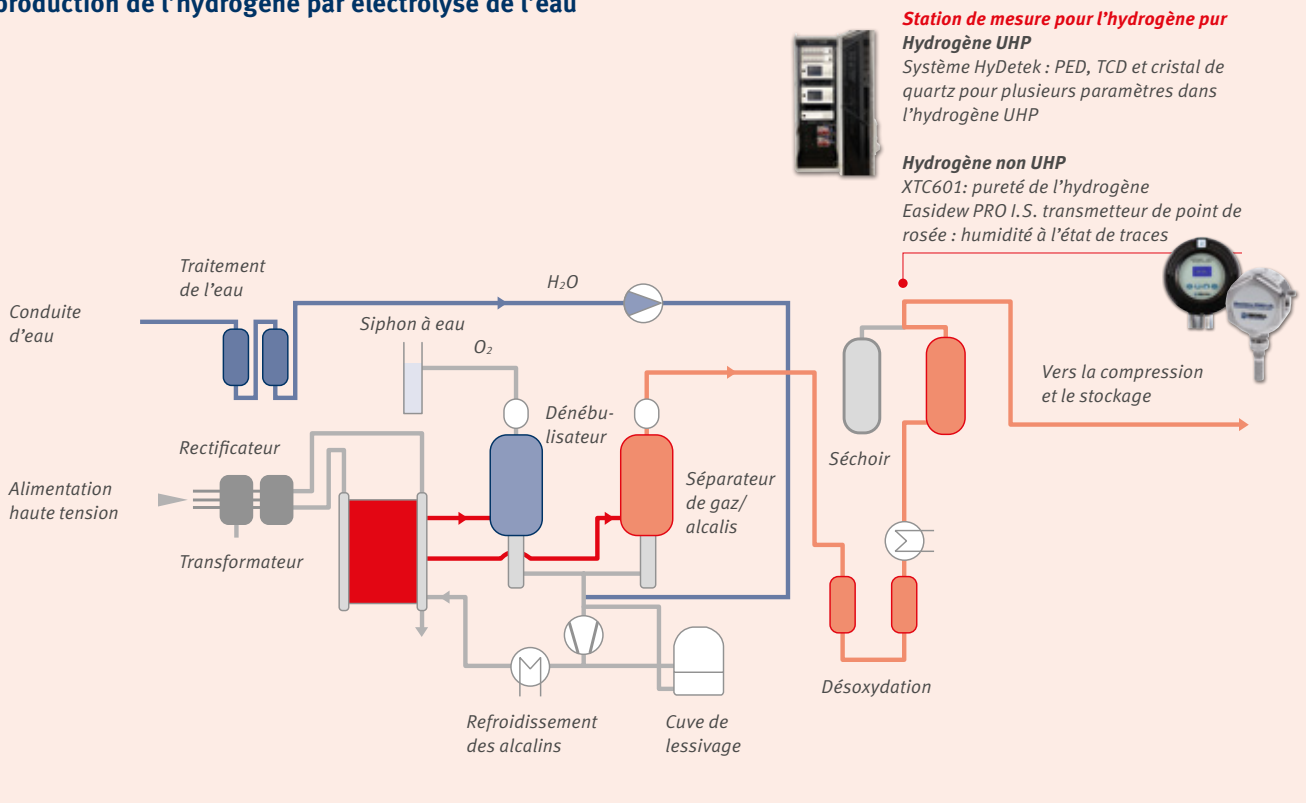
Les critères de mesure pour le reformage du biogaz sont les mêmes que pour le gaz naturel et sont indiqués dans le diagramme de la page suivante.

Analyseurs et stations de mesure des impuretés recommandés pour le reformage à la vapeur du méthane



Ce diagramme simplifié montre les stations de mesure les plus importantes pour la pureté de l'hydrogène dans le processus de reformage à la vapeur du méthane.

Analyseurs et stations de mesure recommandés pour la production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau



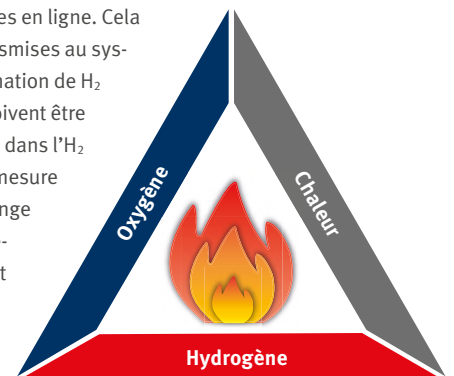
Ce diagramme simplifié montre les stations de mesure les plus importantes pour les impuretés et la pureté de l'hydrogène lors de l'électrolyse de l'eau.

Aperçu du choix de produits

Processus	But de la mesure	Gamme	Gaz mesuré / Gaz de fond	Produits conseillés
Transformation du gaz naturel en gaz de synthèse	Détermination de la composition du gaz de synthèse et des différentes impuretés	H ₂ S et COS dans la gamme basse ppm/ppb	Traces de composés sulfurés H ₂ S, COS dans les gaz de synthèse (H ₂ , CO ₂ , CO)	<ul style="list-style-type: none"> MultiDetek3 EX PlasmaDetek2 Système HyDetek
Nettoyage par adsorption à pression alternée (DWA)	Confirmation de la pureté de l'hydrogène généré	90 - 100 % pour de l'H ₂ pur	H ₂ pur	<ul style="list-style-type: none"> XTC601 (jusqu'à 99%) MultiDetek3 (hydrogène UHP) Système HyDetek
Traces d'impuretés jusqu'à la gamme des ppb	Confirmation finale de la pureté de l'H ₂	Valeur en ppb des impuretés à l'état de traces	N ₂ , Ar, He, O ₂ , CH ₄ , CO, CO ₂ , NMHC, soufre, formaldéhyde, ammoniac, acide formique halogéné et H ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> Système HyDetek
Station de mesure pour l'hydrogène pur : H ₂ UHP	Détermination de la pureté de l'hydrogène	99 - 100 %H ₂	Hydrogène pur	<ul style="list-style-type: none"> Système HyDetek avec détecteur de conductivité thermique
Station de mesure pour l'hydrogène pur : H ₂ non UHP	Détermination de la pureté de l'hydrogène	90 - 100 %H ₂	Hydrogène pur	<ul style="list-style-type: none"> XTC601 pour ATEX XTC501 pour GP
Traces d'impuretés dans l'H ₂ UHP	Analyse des traces d'impuretés présentes	Valeurs dans la gamme sub-ppb	Ar, O ₂ , N ₂ , H ₂ O dans l'H ₂ pur	<ul style="list-style-type: none"> HyDetek QMA401/QMA601
Traces d'impuretés dans l'H ₂ non UHP	Assurance de la pureté de l'H ₂ généré	Valeurs dans la gamme basse ppb	H ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> Easidew PRO I.S.

Hydrogène par électrolyse : mesures pour la pureté et la sécurité

Comme pour les mesures de la qualité globale de l'hydrogène au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse, il convient, dans la pratique courante, de déterminer la teneur en humidité et en oxygène de l'hydrogène par des mesures en ligne. Cela réduit le risque de perdre un cycle de traitement complet, puisque ce sont des données réelles qui sont transmises au système de contrôle. Des mélanges de gaz dangereux peuvent être générés par l'électrolyse. Le seuil d'inflammation de H₂ dans O₂ se situe entre 4...94 %H₂ à la pression atmosphérique. C'est pourquoi des protocoles de sécurité doivent être prévus pour réduire le risque pour les opérateurs et le matériel. La première mesure consiste à contrôler l'O₂ dans l'H₂ généré, mais aussi à l'inverse : l'H₂ dans l'O₂ produit. Cela s'ajoute à la mesure de la qualité.... La seconde mesure consiste à réduire activement les risques. Si les valeurs de concentration présentes s'approchent d'un mélange inflammable, le système doit s'employer à diluer celui-ci jusqu'à atteindre des valeurs sûres. La dernière mesure serait un arrêt d'urgence du système, ce qui est onéreux mais parfois nécessaire. Un contrôle plus strict du processus, au moyen d'appareils de mesure fiables, augmente la marge de sécurité au cours de ces mesures et permet d'allonger la durée de fonctionnement des installations. Les analyseurs et systèmes disposant de la certification SIL (Safety Integrity Level) permettent d'exploiter les équipements de manière efficace et sans problème de sécurité.



Relation entre l'hydrogène et le risque d'incendie

Mesures pour la sécurité

Michell XTP601 – Analyseur d'oxygène pour les zones à risques

Robuste analyseur d'oxygène thermo-paramagnétique pour des mesures stables et linéaires de l'oxygène dans les gaz inflammables.

- Certifié selon ATEX, IECEx, cQPSus, TC TR Ex
- Entretien minimal pour des frais généraux réduits

Ntron Minox-i – Transmetteur d'oxygène à sécurité intrinsèque

Transmetteur très fiable et économique équipé d'une alimentation en boucle à deux conducteurs et homologué IECEx/ATEX.

- Gamme de mesure : 0...25 %
- Technologie de capteur électrochimique



Satisfait les exigences de IEC61508 SIL2

2 sorties d'alarme configurables

Traces d'impuretés dans l'hydrogène

LDetek MultiDetek3 – Chromatographe en phase gazeuse modulaire

Ce chromatographe en phase gazeuse compact combine la fonctionnalité de deux CG en un et peut fournir des mesures en ligne de l'humidité et de l'O₂.

- Mesures de traces dans la gamme sub-ppb
- Un seul analyseur pour la mesure de diverses impuretés
- Température contrôlée pour garantir une précision et une stabilité maximales

LDetek PlasmaDetek2 – Détecteur d'émissions plasma pour GCs

Système de détection d'émissions plasma assisté par microprocesseur avec fonctions de configuration intelligentes et personnalisables. Simplifie la chromatographie en phase gazeuse industrielle et met à disposition une large gamme d'applications.

- Solution complète de détection capable de remplacer les technologies courantes existantes
- Preuve de ppb jusqu'à la gamme des %
- Installation et réglage rapides

Système LDetek HyDetek – Système de chromatographie en phase gazeuse intégré, pour la pureté de l'hydrogène

Système complet pour la mesure des traces d'impuretés (ppb/ppm) de N₂, Ar, HeO₂, CH₄, CO, CO₂, NMHC, soufre, formaldéhyde, ammoniacque, acide formique halogéné et eau dans l'hydrogène.

- Satisfait les exigences d'UHP pour l'hydrogène dans les piles à combustible selon ISO 14687
- Divers détecteurs : PED, TCD et cristal de quartz disponibles sur demande
- Système intégré de sélection du flux d'échantillon de très haute pureté (commandé à distance)

Michell Easidew PRO I.S.– Transmetteur d'humidité à sécurité intrinsèque

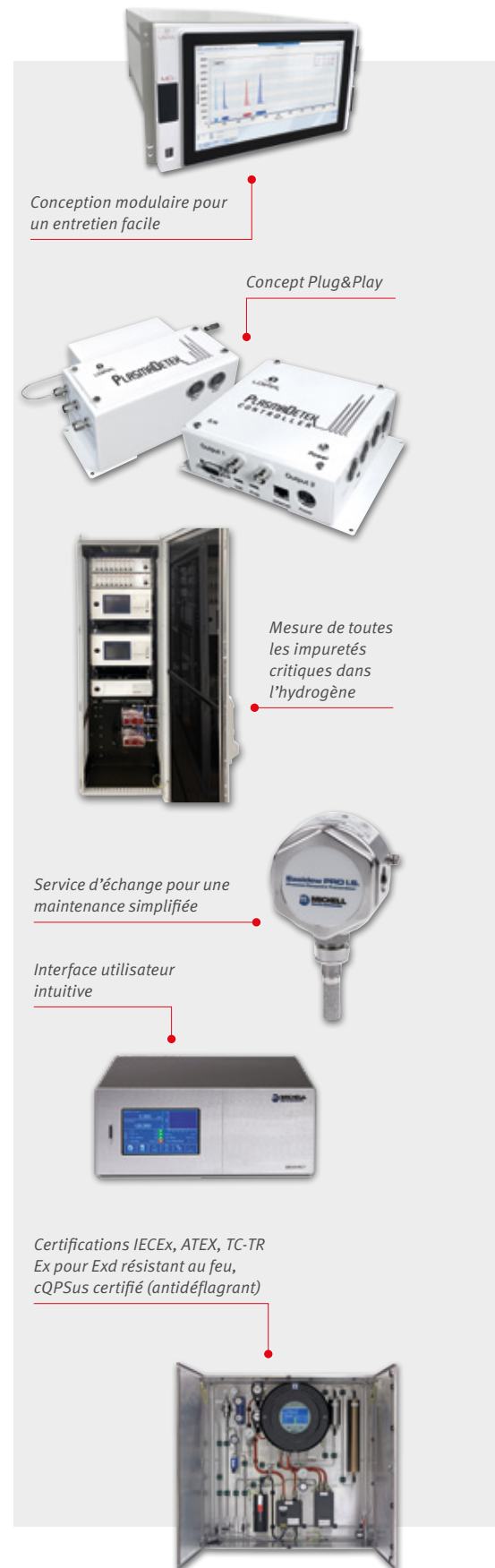
Robuste transmetteur du point de rosée à sécurité intrinsèque, pour une stabilité à long terme et un temps de réaction rapide aux changements des valeurs d'humidité.

- Gamme de mesure -110...20 °Cdp
- Certifié selon ATEX, IECEx, cCSAus, FM, TC TR Ex
- Précision ±1 °Cdp
- Pression nominale 450 barg

Michell QMA401 et QMA601 – Analyseur de l'humidité de processus

Analyseur d'humidité à l'état de traces nécessitant peu d'entretien et basé sur une technologie de capteur à cristal de quartz pour des mesures ultrasensibles de haute précision.

- Mesure rapide et fiable de 0,1...2000 ppm_v
- Précision de ±0,1 ppm_v à < 1 ppm_v et 10 % de la lecture de 1 à 2000 ppm_v
- Vérification intégrée des gaz de processus du client



Conception modulaire pour un entretien facile

Concept Plug&Play

Mesure de toutes les impuretés critiques dans l'hydrogène

Service d'échange pour une maintenance simplifiée

Interface utilisateur intuitive

Certifications IECEx, ATEX, TC-TR Ex pour Exd résistant au feu, cQPSus certifié (antidéflagrant)

Mesures de l'hydrogène pur

Michell XTC601/501 – Analyseur de gaz binaires pour le contrôle de l'hydrogène

Analyseur de conductivité thermique robuste, linéaire et stable pour la mesure de mélanges gazeux binaires tels que l'air dans l'hydrogène. Adapté aux zones à risque, certifications ATEX, IECEx, TC TR Ex et ATEX, IECEx, TC TR Ex et cCSA_{US}. Disponible en version à usage universel.

- Précision supérieure à $\pm 1\%$ sur l'intégralité de la gamme
- De 90/98 à 100 % d'hydrogène
- Satisfait les exigences de IEC61508 SIL2

LDetek MultiDetek3 – Chromatographe en phase gazeuse à flux multiple pour les zones à risques

Le modèle compact GC standard MultiDetek3 pour les applications industrielles est monté dans un boîtier en acier inoxydable certifié purgé (ATEX-IECEx) et peut être utilisé dans les zones à risques de type 1 et 2. Système particulièrement flexible.

- Plusieurs appareils de mesure et le système de prise d'échantillons sont intégrés dans une seule unité.
- Possibilité de combinaison de jusqu'à 3 détecteurs dans un seul GC (PED, TCD, FID, cristal de quartz pour H₂O, capteur électrochimique ou capteurs d'autres fabricants)
- Plusieurs appareils de mesure et le système de prise d'échantillons sont intégrés dans une seule unité. Développé pour les analyses à flux multiple utilisant un grand nombre de méthodes en un seul et même système de chromatographie en phase gazeuse.



Photo de l'usine PEM de Bécancour, avec l'aimable autorisation d'Air Liquide

Étude de cas H₂

Mesures des impuretés à l'état de traces dans la plus grande usine PEM du monde

Le système HyDetek de LDetek a été choisi pour mesurer les impuretés à l'état de traces dans l'hydrogène dans la plus grande usine d'électrolyse par membrane à échange de protons (PEM) du monde, à Bécancour, dans la province canadienne du Québec. L'usine d'électrolyse PEM de 20 MW d'Air Liquide produira environ 3 000 tonnes d'hydrogène par an. Elle jouera un rôle décisif pour l'alimentation en hydrogène de faible teneur en CO₂ de l'industrie et des transports en Amérique du Nord.

Le système HyDetek a été chargé de la détection des traces d'oxygène, d'azote et de dioxyde de carbone dans l'hydrogène produit par l'usine. Pour les mesures de l'O₂, du N₂ et du CO₂ dans la gamme ppb/ppm, il utilise le détecteur d'émissions plasma patenté, équipé de filtres optiques sélectifs adaptés (O₂, N₂ et CO₂ sont les impuretés les plus importantes qui doivent être contrôlées et mesurées dans l'hydrogène lors de sa production par l'électrolyse). Le chromatographe en phase gazeuse utilise l'argon comme gaz porteur ce qui réduit les coûts de fonctionnement d'un facteur de 4 à 5 par rapport à un appareil utilisant l'hélium.

Réduction des émissions de CO₂

Selon les estimations d'Air Liquide, la nouvelle unité d'électrolyse PEM réduira les émissions de CO₂ de presque 27 000 tonnes par an, par rapport à un volume de production d'hydrogène comparable, basé sur le reformage à la vapeur de méthane. Cela correspond aux émissions de 10 000 véhicules personnels.

Process Sensing Technologies

Nous offrons un assortiment complet incomparable d'instruments, d'appareils d'analyse et de capteurs pour les mesures de précision et le monitoring pour les marchés finaux les plus exigeants. Ceux-ci englobent les domaines pharmaceutiques et sanitaires, les gaz spéciaux, les semi-conducteurs, le pétrole et le gaz, la pétrochimie et la production électrique, jusqu'à la détection de gaz, les produits alimentaires et les boissons ainsi que l'automatisation des bâtiments.

L'utilisation de nos produits permet à nos clients de réaliser des économies annuelles chiffrées en millions, grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique de leurs processus et à la réduction de leur fréquence d'interruption.

La qualité des produits alimentaires et pharmaceutiques, des semi-conducteurs et de milliers d'autres produits industriels dépend de la mesure fiable de paramètres critiques tels que l'humidité, l'oxygène, le CO, N₂, H₂, les hydrocarbures, la pression ou le CO₂ pendant les phases de production, de stockage et de transport. Nos produits ont un impact direct sur la rentabilité de nos clients et les aident à se conformer aux strictes réglementations industrielles. Nous développons notre propre technologie pour les capteurs qui équipent la plupart de nos produits. De cette manière, nous conformons en permanence notre position de leader sur le marché et pouvons faire profiter nos clients des avantages de nos innovations.

Les marques PST bien établies

- **Analytical Industries Inc.** – Capteurs d'oxygène pour l'électrochimie et l'analyse de gaz
- **Dynamet** – Capteurs infrarouges de gaz
- **LDetek** – Analyseurs en ligne pour gamme ultra-basse
- **Michell Instruments** – Mesure de l'humidité et de l'oxygène et équipements
- **Ntron Gas Measurement** – Capteurs d'oxygène et analyseurs
- **Rotronic** – Appareils de mesure pour l'humidité et la température, systèmes de monitoring
- **SST Sensing** – Capteurs d'oxygène et interrupteurs de niveau

Vue d'ensemble du groupe

- Compétence professionnelle pour les mesures concernant la garantie de la sécurité et la pureté de l'hydrogène UHP
- 22 points de vente et de service
- 8 sites d'ingénierie et de production dans le monde
- + de 100 distributeurs agréés
- 14 technologies spécifiques au groupe



Humidité



Température



Point de rosée



Activité de l'eau



Pression différentielle



Oxygène



CO₂



Impuretés



Gaz inflammables



Niveau de remplissage

Amérique du Nord

Thetford Mines, QC, Canada
Hamilton, ON, Canada
Hauppauge, NY, USA
Pomona, CA, USA

Asie

Tokyo, Japon
Osaka, Japon
Pékin, Chine
Schanghai, Chine
Singapour

EMEA

Coatbridge, Écosse, GB
Mansfield, GB
Ely, GB
Crawley, GB
Navan, Irlande
Oosterhout, Pays-Bas
Francfort, Allemagne
Ettlingen, Allemagne
Lyon, France
Zurich, Suisse
Milan, Italie
Dubai, EAU

Amérique du Sud

Rio de Janeiro, Brésil

Réseau mondial de vente directe et de service