

Unité de production et de stockage innovante

Présentée en mars dernier, l'innovante unité Hyform-PEMFC intégrée, capable de produire l'électricité à partir d'acide formique au moyen d'une pile à combustible, a été créée par des ingénieurs romands et l'EPFL. Le point sur l'avancement du projet.

Développer de nouvelles méthodes de production et de stockage d'énergie renouvelable permettant de l'utiliser selon les besoins constituait le point de départ du projet des ingénieurs de GRT Group (Circular Economy Industries) et des scientifiques de l'EPFL. Ceux-ci ont développé la première unité intégrée capable de produire de l'électricité pour une utilisation domestique et industrielle, à partir d'acide formique-hydrogène et au moyen d'une pile à combustible intégrée, et de la stocker.

Une démonstration a été présentée le 19 mars au siège de la société GRT Group implantée à Orbe dans le canton de Vaud. «Comparée à des appareils qui n'utilisent que de l'hydrogène, la Hyform-PEMFC a été conçue pour assurer un bénéfice substantiel en termes de taille, de facilité de transport, de sécurité et de coûts d'exploitation pour un environnement durable», explique le CEO de GRT Group, Alain Mercier.

HYFORM-PEMFC

L'appareil est constitué de deux parties principales: un reformeur d'hydrogène (Hyform) et une pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC). Le reformeur est un réacteur qui utilise un catalyseur à base de ruthénium pour extraire l'hydrogène. L'unité Hyform-PEMFC peut produire 7000 kWh par an et sa puissance nominale est de 800 W – à peu près l'équivalent de 200 smartphones en charge simultanément. Son efficacité électrique est actuellement de 40%.

La pile à combustible produit de l'électricité et de la chaleur de manière silencieuse, elle émet un gaz propre et ne produit ni particules ni oxydes d'azote. Elle permet également de se servir de carburants renouvelables.

Hyform-PEMFC demande peu d'entretien et assure une performance du catalyseur stable et de longue durée. Sa technologie peut être démultipliée, utilisée dans les ménages et les installations industrielles. Alimenté par l'acide formique, le système ne requiert pas de connexion au réseau électrique, idéal pour des régions retirées ou inaccessibles. «La transformation chimique du CO₂, un gaz à effet de serre, en produits utiles devient de plus en plus importante puisque ses niveaux dans l'atmosphère continuent à s'élever à cause des activités humaines», explique le Prof. Gabor Laurency. «Ainsi, produire de l'acide formique de manière durable – en

TEXTE MARY-LUCE BOAND COLOMBINI / SOURCES GRT GROUP ET EPFL

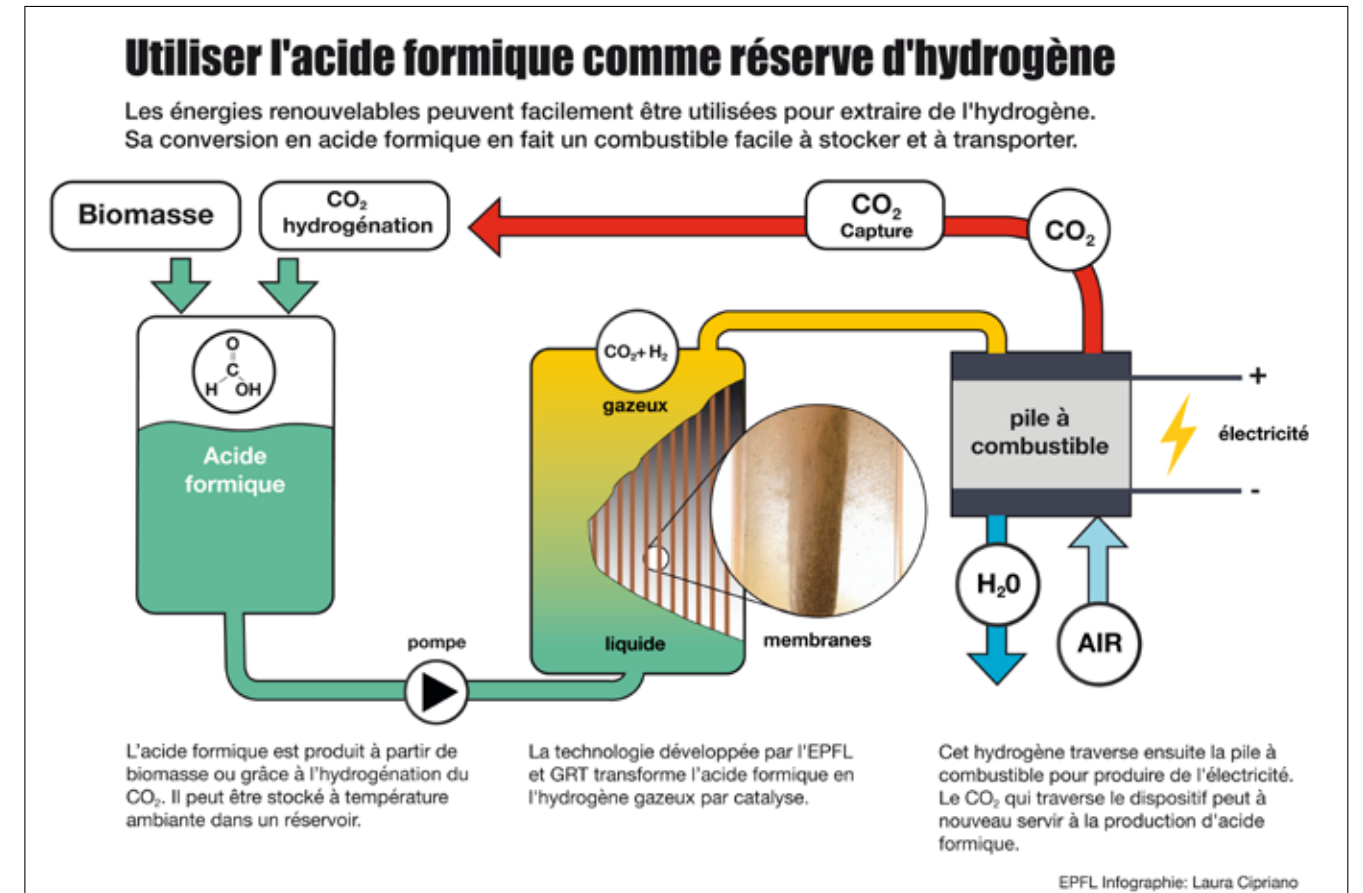


L'unité Hyform-PEMFC peut produire 7000 kWh/an avec une puissance nominale de 800 W. COPYRIGHT GRT GROUP

utilisant le CO₂ comme vecteur d'énergie de l'hydrogène – paraît très important. La demande mondiale est en hausse et les porteurs d'hydrogène sont très prometteurs. La production à partir du CO₂ par hydrogénation, à partir de biodéchets ou de biomasse est considérablement plus durable que les pratiques existantes.

Le projet a été réalisé à partir d'un système à pile à combustible PEM commerciale, afin de démontrer la compatibilité du nouveau procédé avec une pile existante. Le système a été

Solution alternative: utiliser un porteur liquide (LOHC) d'hydrogène. L'acide formique est hydrogène et CO₂ et contient 53 g d'hydrogène par litre (590 Nm³/m³) qui peuvent être relâchés et transformés en électricité à travers une pile à combustible.



COPYRIGHT EPFL

conçu et développé afin de répondre aux exigences de sécurité et aux besoins d'automatisation, et le réacteur spécifique pensé pour remplacer le système d'origine au gaz naturel. Le tout a été intégré dans une seule machine.

CONTRAINTES ET SOLUTIONS

L'hydrogène offre une teneur en énergie très faible en volume ce qui engendre des complications techniques pour le stockage et le transport par camions spécifiques, étapes nécessaires pour acheminer l'énergie. «Pour le transport sous sa forme naturelle gazeuse, il exige des réservoirs à haute pression (350 à 700 bar) ou peut être liquéfié (< -253°C), mais avec un processus énergivore, exigeant des pressions très élevées ou des températures très basse ainsi que des infrastructures très spécifiques provoquant un impact négatif en termes de sécurité et de coûts. Ceci peut freiner à l'introduction sur le marché et l'économie basée sur l'hydrogène», détaille le Prof. Gabor Laurency, travaillant à l'EPFL.

Une solution alternative consiste à utiliser un porteur liquide (Liquid Organic Hydrogen Carrier) d'hydrogène. L'acide formique constitue la combinaison la plus simple d'hydrogène et de CO₂. Il s'agit de la substance libérée par les fourmis et

des plantes telles que les orties pour leur défense. L'acide formique, proche chimiquement du vinaigre, est liquide dans des conditions normales, facile à stocker, à transporter et à manipuler. Il est déjà produit par centaines de milliers de tonnes pour l'industrie et peut être aussi produit à partir de sources renouvelables.

C'est un composé chimique courant et disponible partout au niveau mondial, déjà largement utilisé dans l'agriculture et l'industrie alimentaire, textile, chimique et pharmaceutique. De basse volatilité, il n'est pas explosif et permet un ravitaillement rapide (par rapport au rechargement lent de batteries par exemple). L'acide formique contient 53 g d'hydrogène par litre (590 Nm³/m³) qui peut être relâché et transformé en électricité à travers une pile à combustible.

«Dès lors, le défi consiste à récupérer l'hydrogène stocké dans l'acide formique d'une manière énergétique efficace. C'est là que les catalyseurs entrent en jeu. Il s'agit de composés qui facilitent la décomposition de l'acide formique de manière que l'hydrogène puisse être ensuite converti en électricité au moyen d'une pile à combustible. L'efficacité est essentielle afin que le procédé soit considéré comme économiquement intéressant», poursuit le Professeur Gabor Laurency.



Démonstration en mars dernier avec la machine Hyform-PEMFC, renfermant la première une pile à combustible intégrée à acide formique-hydrogène permettant de stocker l'hydrogène. De gauche à droite, le Dr Nordahl Autissier, Senior Project Manager, GRT Group, Luca Dal Fabbro et le Prof. Gabor Laurenczy, EPFL. COPYRIGHT GRT GROUP



Grâce au soutien de l'OFEN, GRT Group a cofinancé le projet qui a suscité un vif intérêt parmi les participants. COPYRIGHT GRT GROUP

Les opportunités de développement et les applications potentielles sont larges et varient en fonction des différents secteurs. Elles englobent les systèmes de stockage saisonnier d'énergie renouvelable, la production d'hydrogène à la demande ou de station de recharge pour véhicule à hydrogène, les systèmes de cogénération pour des zones sans accès ou avec accès limité au réseau.

Le Hyform peut être intégré avec une pile à combustible PEM, ce qui est le cas de l'unité de démonstration obtenue, ou alors avec une pile à combustible à oxyde solide (SOFC) qui permet d'obtenir un plus haut rendement. Dans ce domaine, les scientifiques développent en ce moment des catalyseurs basés sur des matériaux encore meilleur marché,

comme le fer par exemple, pour diminuer les coûts.

Par rapport aux autres carburants liquides, la température de reformage est plus basse (entre 40 et 90 °C), le temps de démarrage plus bref (environ 3 minutes), le réacteur peut être réalisé en plastique, étant donné qu'il ne doit pas résister à des hautes températures; il est plus léger et économique. L'acide formique peut être transporté jusqu'aux stations d'approvisionnement d'hydrogène dans des camions standards, identiques à ceux utilisés pour le transport de l'essence.

Pour le transport d'hydrogène, au contraire, des camions spéciaux sont nécessaires. Pour livrer de l'hydrogène à haute pression (voitures, etc.), le procédé Hyform permet aussi de réduire les pertes liées à la compression car la réaction chimique peut se faire à très haute pression.

Afin de produire de l'acide formique à partir de sources renouvelables, le CO₂ peut être recyclé ou capturé dans des usines chimiques ou des cimenteries. La décomposition d'acide formique en CO₂ et hydrogène est une réaction réversible. Il peut donc être hydrogéné à l'aide d'un catalyseur pour former à nouveau de l'acide formique. Le CO₂ devient alors un vecteur d'énergie renouvelable.

Depuis la présentation du 19 mars dernier, GRT Group a travaillé au développement d'un business plan pour procéder à une phase d'industrialisation. «Nous sommes ainsi à la recherche d'un partenaire industriel et financier fort pour procéder», explique le Dr Nordahl Autissier, chef de projet.

La première étape vers l'industrialisation consiste à réaliser un prototype d'une puissance de 5 KW; le prototype actuel est une unité de 1 KW. «Une puissance de 5 KW répondrait de manière plus adéquate aux besoins du marché. Plusieurs unités de 5 KW pourraient aussi être combinées pour obtenir la puissance souhaitée.»

La phase de production industrielle serait donc précédée par une phase de production d'essai pour optimiser l'efficacité, réduire les dimensions de l'unité et certifier la machine.

comme le fer par exemple, pour diminuer les coûts.

https://documents.epfl.ch/groups/lep/epflmedia/www/20180319_Laurenczy-Demo/

LES AVANTAGES DE CETTE TECHNOLOGIE

Par rapport aux autres carburants liquides, la température de reformage est plus basse (entre 40 et 90 °C), le temps de démarrage plus bref (environ 3 minutes), le réacteur peut être réalisé en plastique, étant donné qu'il ne doit pas résister à des hautes températures; il est plus léger et économique. L'acide formique peut être transporté jusqu'aux stations d'approvisionnement d'hydrogène dans des camions standards, identiques à ceux utilisés pour le transport de l'essence.

Pour le transport d'hydrogène, au contraire, des camions spéciaux sont nécessaires. Pour livrer de l'hydrogène à haute pression (voitures, etc.), le procédé Hyform permet aussi de réduire les pertes liées à la compression car la réaction chimique peut se faire à très haute pression.

Afin de produire de l'acide formique à partir de sources renouvelables, le CO₂ peut être recyclé ou capturé dans des usines chimiques ou des cimenteries. La décomposition d'acide formique en CO₂ et hydrogène est une réaction réversible. Il peut donc être hydrogéné à l'aide d'un catalyseur pour former à nouveau de l'acide formique. Le CO₂ devient alors un vecteur d'énergie renouvelable.

Depuis la présentation du 19 mars dernier, GRT Group a travaillé au développement d'un business plan pour procéder à une phase d'industrialisation.

L'innovante pile à combustible intégrée à acide formique-hydrogène permet, à travers la machine Hyform-PEMFC, d'utiliser l'acide formique pour stocker l'hydrogène au niveau domestique et industriel.

Axes de développements possibles du produit industrialisé

- Réaliser un prototype d'une puissance de 5 KW pouvant être combiné pour obtenir la puissance souhaitée.
- Phase de production industrielle précédée par une phase de production d'essai pour optimiser l'efficacité et la dimension de l'unité et définir les dessins industriels et les standards de qualité.
- Génération d'électricité et chaleur dans des zones non connectées au réseau ou qui subissent des coupures avec l'unité utilisée comme système de backup.
- Intégration dans une smart grid comme système de stockage stable à long terme et de reconversion d'énergie renouvelable en électricité et chaleur.

Différents axes de développements possibles du produit industriel obtenu sont identifiés à travers trois options:

- la génération d'électricité et chaleur dans les zones non connectées au réseau ou qui subissent des coupures. L'unité pourrait aussi être utilisée comme système de backup;
- l'intégration dans une smart grid, comme système de stockage stable à long terme et de reconversion d'énergie renouvelable en électricité et chaleur;
- la production d'hydrogène sur demande sur place.

La première option, permettant de produire de l'électricité pour des communautés, pour l'alimentation des antennes de télécommunication ou avec une fonction de backup, peut s'appliquer à des zones géographiquement isolées.

La deuxième option nécessitera une étape de développement supplémentaire et la construction d'un prototype en mesure de transformer l'hydrogène en substance liquide porteur d'hydrogène (acide formique ou autre).

La troisième option pourrait trouver application par exemple dans les stations de recharge à hydrogène pour véhicules ou bateaux. «Nous pouvons offrir une alternative aux générateurs diesel, dans un marché, selon les prévisions, de 27,36 milliards \$ en 2022 (Global Data Report Diesel Generators Market, Update 2018)», se réjouit Alain Mercier. L'Office fédéral de l'énergie et GRT Group ont cofinancé le projet. <https://www.grtgroup.swiss/>

EN CHIFFRES

Le récent rapport d'Irena (International Renewable Energy Agency) annonce que, d'ici 2021, l'énergie propre coûtera l'équivalent, voire moins que les combustibles fossiles, tandis que les sources d'énergies renouvelables répondront à 40% de la demande d'énergie globale d'ici à 2040. La nouvelle capacité d'énergie renouvelable installée en 2016 a été supérieure à 161 GW et la capacité de stockage global dans tous les secteurs devrait augmenter de 29,4 GW d'ici 2020, selon Navigant Research, Energy Storage for Renewables Integration.

PUB