

10) L'HYDROGÈNE

L'hydrogène est un des éléments les plus abondants de la planète, c'est un composant de l'eau (H_2O). L'océan couvre 70% de la surface de la planète et contient 97% de ses réserves d'eau. La combustion de l'hydrogène avec l'air crée de l'eau.



L'hydrogène est d'ores et déjà un produit industriel.

La consommation mondiale s'élève à 50 Mt par an et représente près de 140 Mtep (2 % de la consommation mondiale d'énergie).

96 % de l'hydrogène est produit à partir d'énergie fossile, dont 48 % à partir de gaz naturel, 30 % des hydrocarbures liquides, 18 du charbon. 4 % seulement est produit à partir de l'électricité. Il s'agit presque exclusivement d'une production sur site dédiée à un usage particulier: la production d'ammoniac (51 %), le raffinage pétrolier (3 %) et le méthanol (8 %). L'hydrogène est aussi produit pour servir de combustible pour la motorisation dans le domaine aérospatial. C'est donc un produit habituel pour l'industrie pétrolière, l'industrie chimique et l'aérospatial.

Les énergies renouvelables produisent de l'électricité, l'hydrogène produit par électrolyse est un moyen de la stocker. Le transport de l'électricité a beaucoup de perte, alors que le transport d'hydrogène par gazoduc en a très peu. De plus l'hydrogène a un des meilleurs rendements explosifs et sa combustion forme de l'eau.

LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE PRODUCTIONS RENOUVELABLES D'HYDROGÈNE

1) PRODUCTION D'HYDROGÈNE AVEC DE L'EAU, DU SILANE ET DU RHENIUM

2) PRODUCTION D'HYDROGÈNE PAR FERMENTATION

- a) Production d'hydrogène à partir de résidus organiques
- b) Production d'hydrogène par fermentation du houblon des résidus des brasseries
- c) Hydrogène de métalloenzyme

3) PRODUCTION D'HYDROGÈNE PAR PHOTOSYNTHÈSE

- a) Production d'hydrogène à partir de la micro-algues *Chlamydomonas reinhardtii*
- b) L'algue *Ulva lactuca* aussi candidate pour une production directe d'hydrogène

4) PHOTOLYSE DU SULFURE D'HYDROGÈNE (H₂S) POUR PRODUIRE DE L'HYDROGÈNE

5) 4500°C SONT NÉCESSAIRES POUR DISSOCIER L'EAU EN HYDROGÈNE ET EN OXYGÈNE, LA DÉCOMPOSITION AVEC DES ACIDES PEUT PERMETTRE DE RÉDUIRE CETTE TEMPÉRATURE

6) OXYDORÉDUCTION

- a) Craquage de l'eau par oxydoréduction d'Antoine Laurent de LAVOISIER vers 1778
 - Oxydation rapide à froid
- b) OXYDORÉDUCTION SOLAIRE PAR CÉRAMIQUE FERRITE
- c) MAGNÉSIUM ET LASER SOLAIRE DU TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY
- d) APPLICATION POUR VÉHICULE À MOTEUR THERMIQUE
 - d1) Engineuity Research & Development
 - d2) Craquage de l'eau par oxydoréduction pour moteur thermique (appelé aussi système GILLIER PANTONE)
 - Les précurseurs du craquage de l'eau pour moteur thermique en FRANCE
 - Vitry-sur-Orne : la recette miracle pour rendre une auto écolo, le dopage à l'eau !
 - Craquage de l'eau avec bulleur
 - Système vulcano
 - Système spad
 - Tracteurs avec système de craquage de l'eau
 - GEET (Global Environmental Energy Technology)

7) PRODUCTION D'HYDROGÈNE PAR ÉLECTROLYSE

- a) Principe
- b) Une équipe française vient de mettre au point un procédé d'électrolyse haute température de l'eau sous pression.
- c) Électrolyseur pour particuliers
- d) Installation personnelle de Mike STRIZKI
- e) L'électrolyse pour moteur thermique
- f) Système d'électrolyse pour moteur thermique par Christian FETTER et Gérard FROUSSART
 - Kit de production d'hydrogène pour véhicule
 - Générateur Hydrogène HHO
 - Générateur Hydrogène HHO
 - HFI Hydrogen Fuel Injection
 - Innovative Hydrogen SOLUTIONS INC.

8) PRODUCTION ET UTILISATION D'HYDROGÈNE POUR PARTICULIER

1) production d'hydrogène avec de l'eau, du silane et du Rhenium

Trois chercheurs du département de chimie de l'Université de PURDUE dans l'Indiana aux États Unis d'Amérique ont découvert par hasard un procédé simple de production d'hydrogène gazeux qui résoudrait aussi les difficultés de stockage de ce gaz.

Les scientifiques synthétisaient le silane, nom courant du monométhyl silane triol, gaz de haute pureté, dérivé hydrogéné du silicium obtenu par électrolyse et utilisé pour de nombreuses applications dans l'industrie cosmétique, très largement dans la fabrication des semi-conducteurs, des écrans plats, du photo-voltaïque et dans bien d'autre secteur. (Air Liquide dispose de la possibilité d'atteindre une capacité de production de silane de 2 000 tonnes par an, dans un marché qui croît à plus de 25% par an. Air Liquide est aujourd'hui le leader mondial avec plus de 35% de part de marché du silane)



Silicium blanc

C'est en effectuant la décomposition catalytique d'organosilanes, dérivé organique du silane comportant du carbone, avec de l'eau et un catalyseur en métal de Rhénium, que les scientifiques ont identifié un produit de réaction inattendu, de l'hydrogène gazeux pur.

Les scientifiques estiment qu'un mélange moitié organosilane et moitié eau de 53 litres peut produire environ 3 kilogrammes d'hydrogène capable de propulser un véhicule sur près de 300 kilomètres. La rentabilité économique du procédé reste cependant à prouver. Les auteurs reconnaissent n'avoir aucune idée des effets de marches induits par la production massive de silane.

2) Production d'hydrogène par Fermentation

a) Production d'hydrogène à partir de résidus organiques

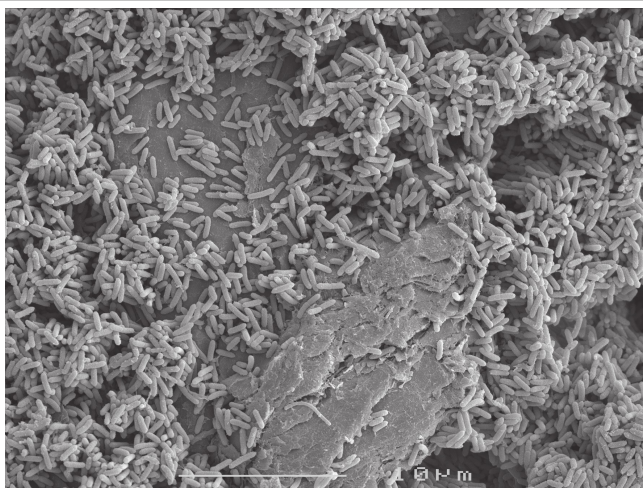
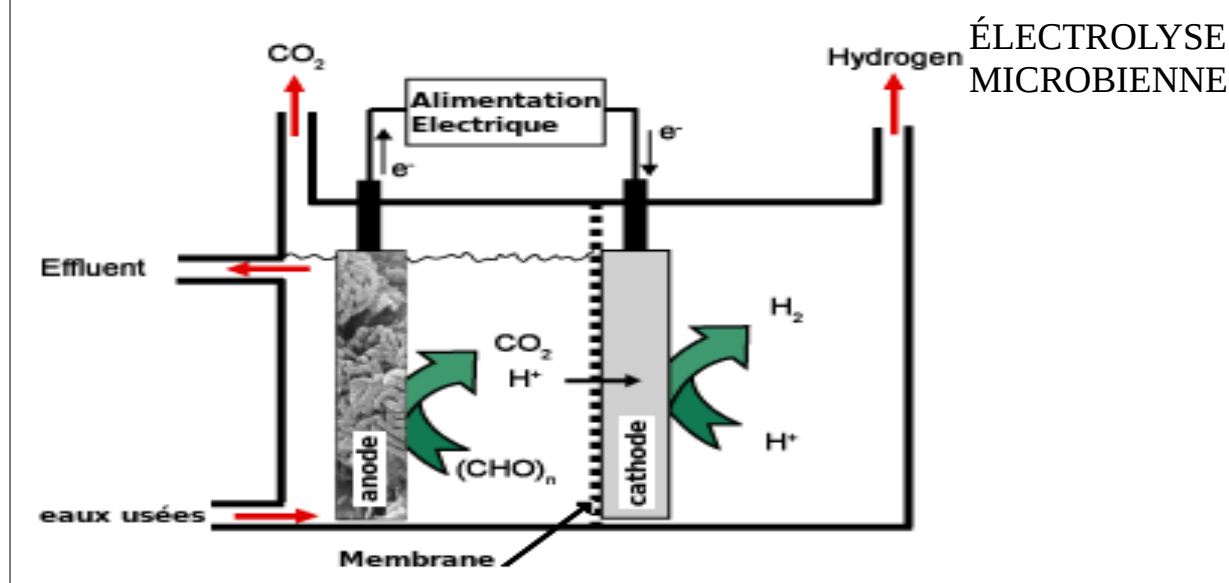


Photo au microscope de bactéries productrices d'hydrogène

L'entreprise HOLLANDAISE WETSUS a développée un système d'électrolyse microbienne en soumettant des bactéries et une solution de mélange organique issu d'eaux usées à une électrolyse soumise à une tension de seulement 0.3 à 0.4 volts, associée à une membrane pour produire de l'hydrogène.

L'électrolyse microbienne est 5 fois moins consommatrice d'énergie que l'électrolyse simple.



Dans la recherche publiée dans Proceedings of the National Academy of Sciences, Bruce Logan de l'Université AMÉRICAINNE PENN STATE et son collègue Shaoan Cheng ont mis au point une pile à combustible microbienne en soumettant à une électrolyse un mélange de bactérie et de matière organique biodégradable pouvant provenir d'eaux usées avec de l'acide acétique (naturellement présent dans le vinaigre) pour produire de l'hydrogène. Le système d'électrolyse microbienne n'utilise qu'une très faible tension de 250 mV, démontrant ainsi une méthode bien plus énergiquement économique qu'avec une simple électrolyse de l'eau. La pile à combustible microbienne permet de dégrader la matière organique et de produire de l'hydrogène.

b) Production d'hydrogène par fermentation du houblon des résidus des brasseries

Le groupe agroalimentaire JAPONAIS Sapporo Beer a présenté une technique permettant de synthétiser à haut rendement de l'hydrogène à partir de résidus de l'industrie boulangère par fermentation induite par du houblon.

Les résidus de la panification sont mélangés à de l'eau puis introduits dans un réacteur. Lorsque celui-ci est chauffé, le glucose compris dans les restes alimentaires subit une fermentation bactérienne et libère de l'hydrogène. L'introduction de houblon à cette étape permet de contrôler le développement et l'activité des bactéries, sans chauffer de nouveau le milieu de culture. Le houblon utilisé provient des résidus des brasseries.

Humulus lupulus L. (houblon, houblon grimpant)
cônes femelles



Le genre *Humulus* (les houblons), de la famille des cannabacées (famille du chanvre), comporte deux espèces en France : la première, *Humulus scandens* (Lour.) Merr., le houblon du Japon, est une plante cultivée dans les jardins, dont elle peut s'échapper. La seconde, la plus connue et la plus répandue, est *Humulus lupulus* L., le houblon grimpant, ou tout simplement houblon.

Des essais menés sur 180 jours dans des bacs expérimentaux de 900 litres ont démontré que **le contrôle des fermentations permet d'atteindre un rendement de 80% dans la transformation de glucose en hydrogène**. Les méthodes précédentes ne permettaient pas de dépasser les 50%. Le rendement expérimental obtenu étant jugé suffisant, l'entreprise va maintenant réaliser des essais sur les sites de production afin de voir si la technologie peut être transposée à l'échelle industrielle.

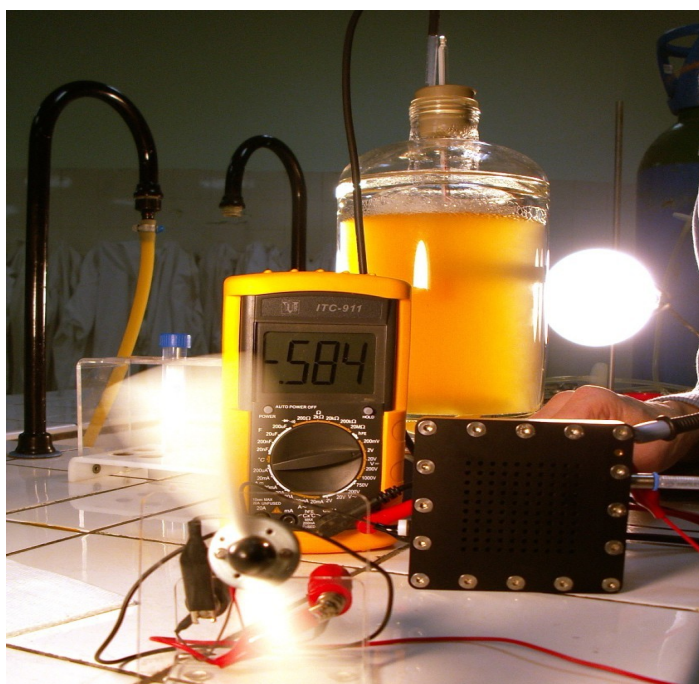
Les chercheurs espèrent enfin coupler à la production d'hydrogène celle de méthane par méthanisation des résidus une fois la première fermentation terminée. Le rendement total en comptant l'énergie dépensée pour le fonctionnement des bacs de réaction se situerait alors aux alentours de 60%.

L'entreprise va continuer ses recherches afin de pouvoir utiliser le système avec d'autres matières végétales : résidus de manioc lors de la fabrication de tapioca, feuilles et branchages, etc.

c) HYDROGÈNE DE MÉTALLOENZYME

L'équipe Biodégradation des hydrocarbures aromatiques et métallo-enzymes du laboratoire Chimie et Biologie des Métaux effectue la photo-production d'hydrogène à partir d'effluents industriels, par l'association d'enzymes de bactéries, appelées nitrogénase.

L'équipe pour réaliser la photo-production d'hydrogène utilise comme catalyseur la nitrogénase de la bactérie **Rhodobacter capsulatus**, une métalloenzyme complexe qui permet de réduire l'azote atmosphérique en ammoniacque et en hydrogène. De plus, en l'absence d'azote moléculaire, la nitrogénase continue à réduire des protons en hydrogène et agit, en quelque sorte, comme une hydrogénase. Au lieu de catalyser la photolyse d'eau, les bactéries photosynthétiques catalysent la photolyse de composés organiques, ce qui laisse entrevoir des applications dans la dépollution et la conversion, d'origine agro-alimentaire, en hydrogène. Cette découverte suivait de peu la première crise pétrolière des années 70.



Culture de *Rhodobacter capsulatus* produisant de l'H₂ à partir de l'acide lactique. Le biogaz produit, qui contient environ 95% d'H₂ et 5% de CO₂ alimente directement une pile à combustible.

À l'heure actuelle, certaines entreprises laitières ou de fromagères produisent du méthane à partir du lactosérum, les résidus de production de sucre sont utilisés pour produire du bioéthanol, ce qui pourraient être avantageusement remplacé par le biohydrogène, qui est considéré comme un vecteur énergétique de troisième génération selon le programme Bioénergies de l'ANR.

Les études fondamentales menées par l'équipe Biodégradation des hydrocarbures aromatiques et métalloenzymes du Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux en collaboration avec le laboratoire Biologie, Informatique et Mathématiques de l'IRTSV et le laboratoire LEPMI de l'INPG ont permis d'optimiser la production et l'activité de la nitrogénase, en ce qui concerne la production d'H₂, dans des conditions précises.

Dans la nature, le rôle primordial de la nitrogénase, même chez les bactéries photosynthétiques, est indiscutablement la fixation de l'azote atmosphérique, qui permet aux bactéries de se développer en l'absence d'un autre composé azoté comme l'ammoniacque ou le nitrate. Avec la bactérie ***Rhodobacter capsulatus***, le taux de synthèse de la nitrogénase peut atteindre 40% des protéines totales solubles, ce qui compense la faible activité catalytique de la nitrogénase et donne aux bactéries la capacité de produire de l'H₂ à des taux intéressants (1 ml/min/l culture en batch, 2 ml/min/l en culture continue).

www.JohnWillison

et www.LCBM

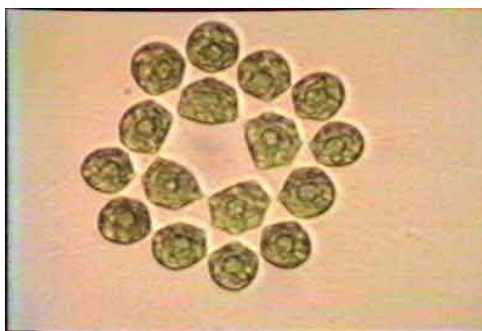
3) production d'hydrogène par photosynthèse

Production d'hydrogène avec des algues

Les algues permettent de s'affranchir de la contrainte du sol, par rapport à une culture classique, la production d'algues sur une même surface est plus importante (cultures en étages, sur un mur, cultures aquatiques ...).

a) production d'hydrogène à partir de la micro-algues

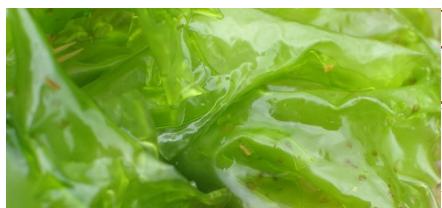
Chlamydomonas reinhardtii



Le photobioréacteur construit par E.MIGNOLET à l'université Belge de LIÈGE démontre les capacités de production d'hydrogène de la micro-algues *Chlamydomonas*.

En absence de soufre, l'algue *Chlamydomonas reinhardtii* produit de l'hydrogène. Le soufre est un élément chimique nécessaire à la synthèse de certains acides aminés qui forment les protéines. Lorsque cette algue est privé de soufre, le processus de photosynthèse diminue et elle met en place une autre voie énergétique et produit de l'hydrogène.

[PDFwww.reflexions.ulg.ac.be](http://www.reflexions.ulg.ac.be)



b) L'algue *Ulva lactuca* aussi candidate pour une production directe d'hydrogène

Des travaux menés par des chercheurs de l'Université de Bonn (Allemagne) avec l'entreprise californienne Melis Energy ont permis d'isoler le gène producteur d'hydrogène de l'algue verte, *Ulva lactuca* ou laitue de mer.

Les algues produisent de l'hydrogène dans certaines conditions, lorsque leur métabolisme est perturbé par l'absence d'un constituant de base tel que le soufre. Ne pouvant plus synthétiser de protéines sans soufre, les algues s'organisent en mode de stockage et produisent de l'hydrogène par photosynthèse.

Maintenant leur but est d'isoler les enzymes responsables de la production d'hydrogène par les algues vertes (les hydrogénases) pour tenter de les fixer sur des membranes synthétiques qui deviendraient de véritables « batteries biochimiques ».

Photo production d'hydrogène avec une bactérie

4) Photolyse du sulfure d'hydrogène (H_2S) pour produire de l'hydrogène



Bulle de sulfure d'hydrogène d'algues vertes



La ville de SENDAI et le Professeur Kazuyuki Toji de l'Université de TOHOKU dans la préfecture de MIYAGI ont conjointement développer en 2003 un système de photolyse pour produire de l'hydrogène (H_2) par exposition de sulfure d'hydrogène (H_2S) aux rayons du soleil à partir des boues d'épuration. Jusqu'à présent, la ville de SENDAI traitait les boues d'épurations en les déshydratant puis en les incinérant.

Principe du système d'obtention d'hydrogène par photolyse appelée photo-décomposition de sulfure d'hydrogène.

A une solution aqueuse de sulfure d'hydrogène est ajouté un catalyseur à base de sulfate de cadmium. Le mélange est ensuite fouetté jusqu'à obtention d'une mousse. L'hydrogène est ensuite produit par exposition de cette solution aux rayons du soleil.

Un mètre carré de surface recouvert avec une telle solution exposée aux rayons du soleil produit environ 7 litres d'hydrogène par heure, soit **20 fois plus qu'avec la méthode électrolytique.**

L'hydrogène est habituellement principalement fabriqué par électrolyse de l'eau, mais la photo-décomposition de sulfure d'hydrogène nécessite moitié moins d'énergie.



Station d'épuration

<http://www.tohoku.ac.jp/french/>

La France compte aujourd'hui plus de 15 000 station d'épuration.

5) 4500°C pour dissocier l'eau en hydrogène et en oxygène, la décomposition avec des acides peut permettre de réduire cette température

Il faut une température de 4 500 °C pour dissocier la molécule d'eau en hydrogène et en oxygène par la chaleur seule, température très difficile à atteindre et demandant beaucoup trop d'énergie.

Il est possible d'associer l'usage de la chaleur avec d'autres réactions comme la décomposition d'acides. Le cycle iode-soufre est une solution envisageable. Il est basé sur la dissociation de deux acides, l'acide sulfurique (H₂SO₄) issu du sulfure d'hydrogène (H₂S) et l'acide iodhydrique (HI), à 900 °C.

Le cycle iode-soufre

Ce procédé est basé sur la décomposition de deux acides à haute température, l'acide sulfurique qui produit de l'oxygène et du SO₂ et l'acide iodhydrique (HI) qui produit de l'hydrogène et de l'iode. L'iode et le SO₂ réagissent à basse température en présence d'eau pour reformer ces deux acides (réaction de Bunsen):

- 1) H₂SO₄ → H₂O + SO₃ à une température de 400 de 600 °C.
SO₃ → SO₂ + ½ O₂ à une température de 800 à 900 °C.
- 2) 2 HI → H₂ + I₂ à une température de 200 à 400 °C.
- 3) SO₂ + 2 H₂O + I₂ → H₂SO₄ (aqueux) + 2 HI (aqueux) à une température de 25 à 120 °C.

Ce procédé a fait l'objet de nombreuses études d'équipes de recherche car il a l'avantage de ne faire intervenir que des liquides et des gaz. Une difficulté majeure a été résolue, à la fin des années 70, avec la découverte par General Atomics (GA) de la possibilité de séparer ces deux acides en présence d'un excès d'iode et d'eau. Parmi les points durs de ce procédé figurent d'une part la difficulté à séparer avec un bon rendement HI de l'eau et de l'iode en excès en sortie de la réaction de Bunsen (les études portent sur la recherche du meilleur schéma de distillation et l'utilisation de membranes) et, d'autre part, la décomposition des acides à haute température. Actuellement, l'échangeur SO₃/hélium est le plus gros poste d'investissement du procédé dans les évaluations économiques en cours.

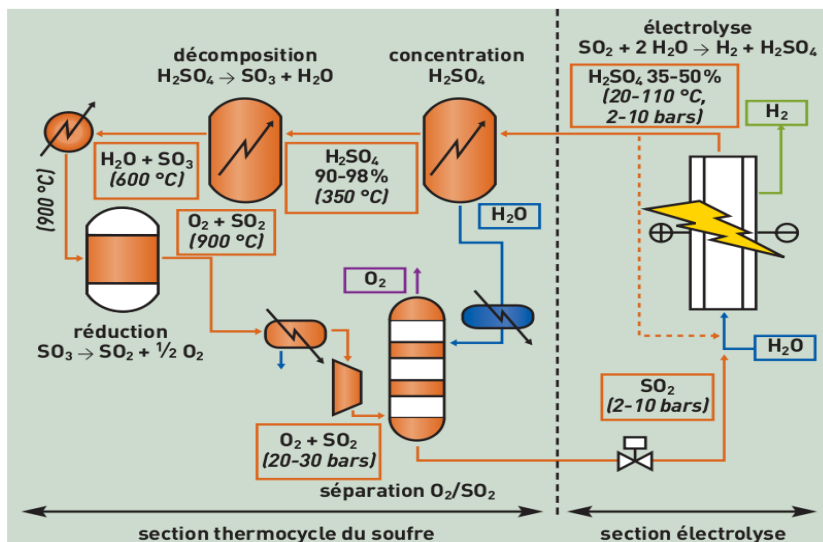
Le cycle hybride Westinghouse

Ce procédé peut être considéré comme une variante du procédé iode-soufre dans laquelle les réactions (2) et (3) sont remplacées par l'électrolyse du dioxyde de soufre :



Il présente l'avantage de ne faire appel qu'à un seul élément intermédiaire, le soufre, qui est de plus très abondant. Les éventuels problèmes liés à la dérive de la composition chimique des flux de matière sont donc limités, à l'inverse des cycles faisant appel à plusieurs éléments. Les flux de matière sont de plus nettement moins importants.

Schéma simplifié du cycle hybride Westinghouse.



En revanche, il fait appel en partie à l'énergie électrique, ce qui limite son rendement. L'électrolyse a lieu en milieu acide, d'où des problèmes de corrosion. De plus, elle nécessiterait plusieurs compartiments pour limiter la production parasite de soufre et de H₂S à la cathode. Un pilote a été réalisé en Russie, au début des années 80.

Les travaux au CEA portent sur l'évaluation de l'électrolyseur, par

comparaison avec une électrolyse alcaline classique (tension réelle d'électrolyse, matériaux, corrosion). Ils seront suivis d'un "remontage" global, prenant en compte l'évaluation de la partie électrolytique propre à ce cycle et celle de la partie thermochimique de décomposition de l'acide sulfurique qui est commune avec le cycle iode-soufre.

Le cycle UT-3

Le cycle UT-3 est un cycle basé sur un couple de deux réactions chimiques. Les deux premières (A) et (B) produisent de l'acide bromhydrique avec un dégagement d'oxygène et les deux suivantes (C) et (D) consistent à réduire l'eau par un bromure avec libération d'hydrogène. Les réactions (B) et (D) sont endothermiques (absorption de chaleur).

A) $\text{CaO} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CaBr}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$ à une température de 550 °C.

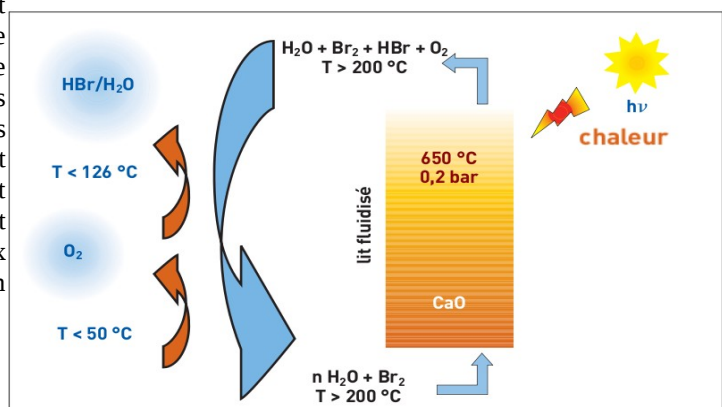
B) $\text{CaBr}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + 2 \text{HBr}$ à une température de 725 °C.

C) $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8 \text{HBr} \rightarrow 3 \text{FeBr}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2$ à une température de 250 °C.

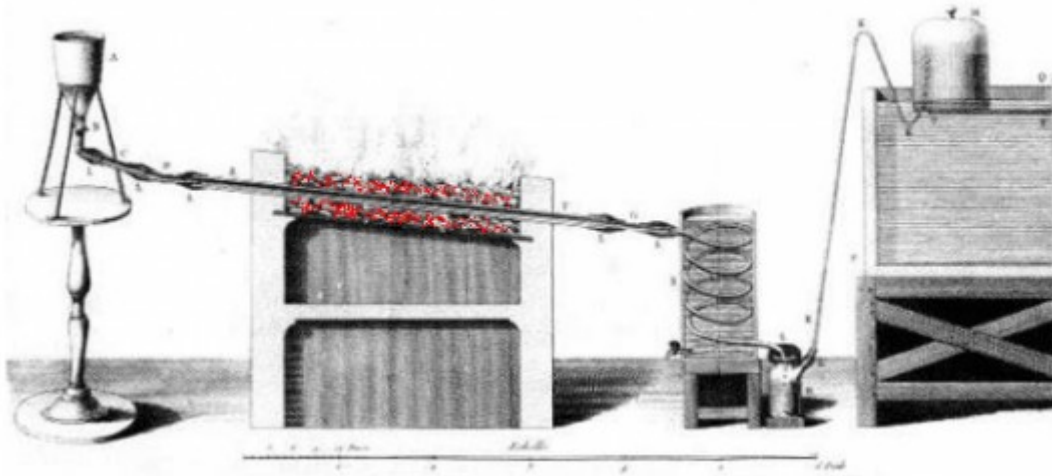
D) $3 \text{FeBr}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6 \text{HBr} + \text{H}_2$ à une température de 575 °C.

Dans sa conception japonaise d'origine, ce cycle fonctionne de façon discontinue. Les réactions (A) et (B) d'une part et (C) et (D), d'autre part sont réalisées en séquence dans deux réacteurs différents par réaction entre des gaz et des réactifs solides emprisonnés dans des matrices inertes solides. La principale difficulté rencontrée par les Japonais est la tenue aux cyclages de ces matrices. Dans le réacteur où s'effectuent les réactions (A) et (B) par exemple, la matrice inerte contient initialement du CaO, celui-ci se transforme en CaBr₂, au cours du premier cycle. La transformation inverse (B) a lieu au cours du deuxième cycle et ainsi de suite. Ce concept étant par ailleurs difficilement extrapolable à une taille industrielle, des études ont été entreprises au CEA afin de qualifier des conceptions plus proches de la réalité industrielle. Par exemple, les réactions chimiques mises en jeu étant hétérogènes, une agitation des systèmes semble nécessaire pour activer la diffusion des réactifs et produits de réactions gazeux. Cette remarque assortie du fait que les flux de matières nécessaires à une production massive d'hydrogène sont très importants conduit à des procédés utilisant le principe des lits fluidisés, au sein desquels les systèmes sont naturellement agités. Les études portent également sur la possibilité de simplifier le cycle en imaginant des réacteurs capables de mener simultanément deux réactions jumelles en assurant ainsi une régénération des réactifs.

Schéma de simplification du procédé japonais



1) Craquage de l'eau par Oxydoréduction d'Antoine Laurent de LAVOISIER vers 1778



Système d'Oxydoréduction de Antoine Laurent de LAVOISIER vers 1778. De l'eau circule dans un canon à fusil chauffé par des tisons allant jusqu'à 800°C. La vapeur produite est refroidie pour séparer la vapeur d'eau de l'hydrogène plus léger récupéré dans un récipient situé en haut à droite sur le dessin.

L'eau au contact du fer chauffé à 800 °C forme par oxydoréduction de l'oxyde de fer (Fe_3O_4) et dégage de l'hydrogène (2H) selon la réaction: $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$

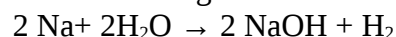
Conclusion : La chauffe du métal accélère le phénomène d'oxydation. Le (fer) métal dans l'eau en formant (la rouille) l'oxydation casse les molécules d'eau en capturant les atomes d'oxygène pour libérer de l'hydrogène. (L'oxydoréduction est aussi réalisable avec de la céramique ferrite)

L'oxydoréduction veut dire l'oxydation et la réduction (retour à l'état initial), les deux étapes sont possibles dans certaine condition. LAVOISIER utilise seulement la phase d'oxydation dans cette expérience.

-Oxydation rapide à froid-

-Quelques métaux peuvent décomposer rapidement l'eau à température ambiante, entre autre le potassium (K), le magnésium (Mg) ou le sodium (Na).

Le sodium réagit violemment avec l'eau:



Cette réaction est exothermique (libération de chaleur) et suffit généralement, en présence d'oxygène, à faire détoner l'hydrogène produit.

NaOH → hydroxyde de sodium (soude caustique)

-Il est aussi utilisé pour produire de l'hydrogène à froid avec de l'eau, des métaux comme le zinc ou le fer ajouté à un acide.

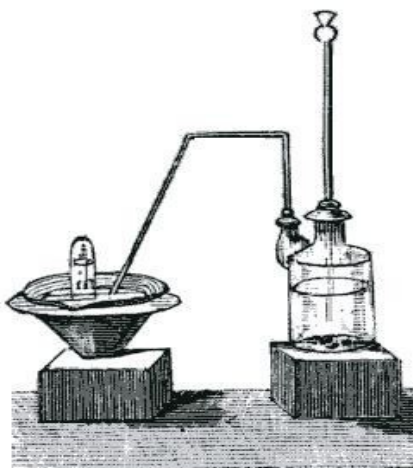


Fig. 235. — DÉCOMPOSITION
DE L'EAU PAR LE ZINC.

Physique et Chimie, fin XIX ème



2) OXYDORÉDUCTION SOLAIRE PAR CÉRAMIQUE FERRITE

Hydrosol II produit de l'hydrogène en utilisant la chaleur du soleil.

Un réacteur expérimental exploitant l'énergie solaire pour produire de l'hydrogène avec de l'eau en utilisant la chaleur solaire pour produire une réaction d'oxydoréduction a été mis en service le 31 mars 2008 sur la plate-forme de recherche solaire d'Almeria en Espagne. Cette inauguration marque le lancement de la deuxième phase du projet "Hydrosol" mené depuis 2004 par le Centre de recherche aérospatiale allemand (DLR) en coopération avec l'organisme de recherche énergétique espagnol CIEMAT.



Vue aérienne de la plateforme solaire d'Almeria (Espagne). Au centre, la tour solaire SSPS équipée du réacteur solaire de production d'hydrogène HYDROSOL.

Baptisé "Hydrosol II", le nouveau réacteur optimisé et automatisé est dix fois plus puissant que son prédécesseur "Hydrosol I" (100kW(th) contre 10kW(th)). La réalisation de ce prototype constitue une étape importante vers la conception d'une future installation industrielle. Le projet pilote, qui se caractérise par un cycle thermochimique particulièrement efficace (jusqu'à 50% de rendement), poserait ainsi les fondements d'une future et durable économie de l'hydrogène.

«Le concept théorique est très simple», explique Athanasios Konstandopoulos, coordinateur du projet et directeur du *CERTH*. «On concentre le rayonnement solaire pour chauffer l'eau, et la vapeur produite traverse le réacteur où l'hydrogène et l'oxygène sont séparés à haute température par oxydoréduction. L'intérêt économique est énorme: les réactifs sont peu onéreux ». Le réacteur est un monolithe en céramique réfractaire capable d'absorber le rayonnement solaire et d'atteindre une température de 1100°C. La vapeur traverse sa structure en nid d'abeilles percée d'une multitude d'étroits canaux. Ceux-ci sont recouverts de nanoparticules actives qui, en s'oxydant, piègent l'oxygène et laissent filtrer l'hydrogène. Dans un second temps, la chaleur solaire permet de libérer l'oxygène du nanomatériau pour le régénérer, ce qui permet d'entamer un nouveau cycle.

L'objectif est de réduire les coûts de production et d'arriver à un prix de vente de 0,06 euros/kWh.



Le four solaire expérimental du DLR

Le composant clef des réacteurs "Hydrosol" est une structure alvéolaire en céramique, proche de celle des pots catalytiques qui équipent les véhicules. Cette structure a été conçue pour capter de manière optimale le rayonnement solaire et a été recouverte d'un matériau capable de se lier facilement aux atomes d'oxygènes. Le DLR a déjà pu tester les réacteurs dans son four solaire expérimental (sur le site de Cologne-Porz) : les experts y ont démontré la faisabilité d'une production continue d'hydrogène en réalisant avec succès des cycles de production à des températures relativement basses de 800 à 1200 degrés qui rendent la technique maîtrisable du point de vue des matériaux.

En effet, contrairement à l'oxydoréduction thermique directe qui nécessite des températures de plusieurs milliers de degrés, le procédé du projet Hydrosol repose sur une combinaison de différentes réactions chimiques qui ont lieu à des températures inférieures à 1400 degrés.

Le projet Hydrosol, fruit d'un consortium européen

Le projet Hydrosol, mené par un consortium regroupant des acteurs allemands (DLR), espagnols, grecs, danois (Stobbe Tech) et britanniques (Johnson Matthey Fuel Cells), est coordonné par le centre de recherche grec CERTH/CPERI. Soutenu par l'Union européenne, le projet pilote a d'ores et déjà été récompensé (1,15 millions d'euros) par le "Prix Descartes pour la recherche" de la Commission européenne (7 mars 2007) et par le "Technical achievement award" de l'organisation "International partnership for the hydrogen economy".

www.hydrosol-project



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

3) Magnésium et Laser solaire du Tokyo Institute of Technology



Prof. Takashi Yabe

Le magnésium (Mg) est le troisième métal le plus présent sur Terre, derrière l'aluminium et le fer. C'est aussi le troisième composant des sels dissous dans l'eau de mer. Les océans en contiennent environ 1800 milliards de tonnes, ce qui représente l'équivalent de la consommation énergétique mondiale actuelle pendant 300.000 ans. D'autant plus que le professeur Takashi YABE et son équipe du Tokyo Institute of Technology (TIT) démontrent que le cycle d'oxydation et de réduction du magnésium suffit en lui même pour produire de l'hydrogène sans nouvel apport de magnésium, seulement avec de l'eau et l'énergie du soleil.

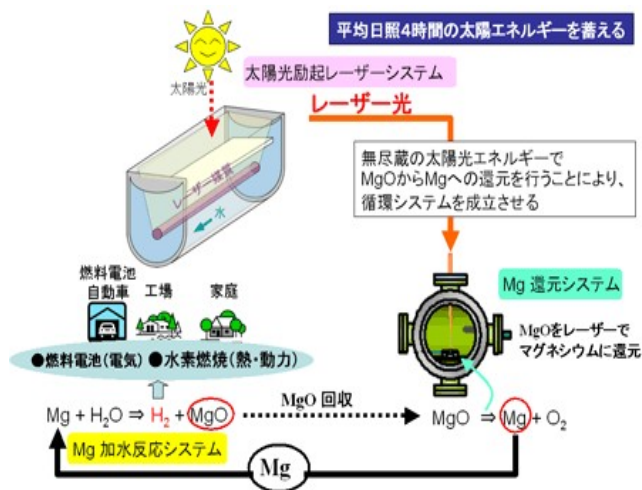
Pour produire du magnésium à partir d'oxyde de magnésium, une température très élevée de 1 100 °C est nécessaire. Le professeur Takashi YABE et son équipe démontre une technique d'oxydation du magnésium au contact de l'eau pour produire de l'hydrogène et ensuite utiliser un laser solaire pour réduire l'oxyde de magnésium (MgO) en magnésium, prêt pour reproduire de l'hydrogène.



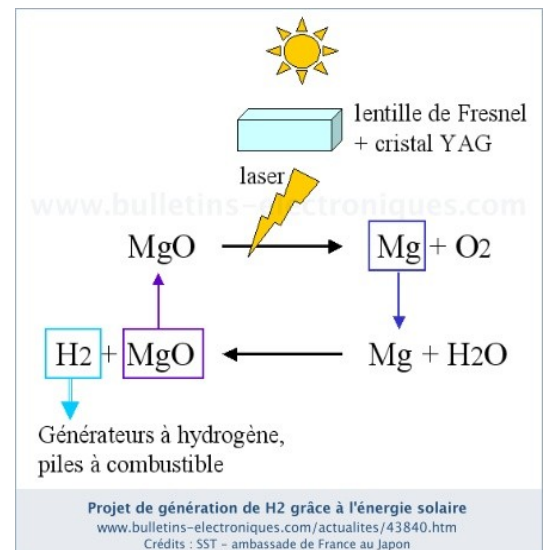
Laser mobile



Laser fixe



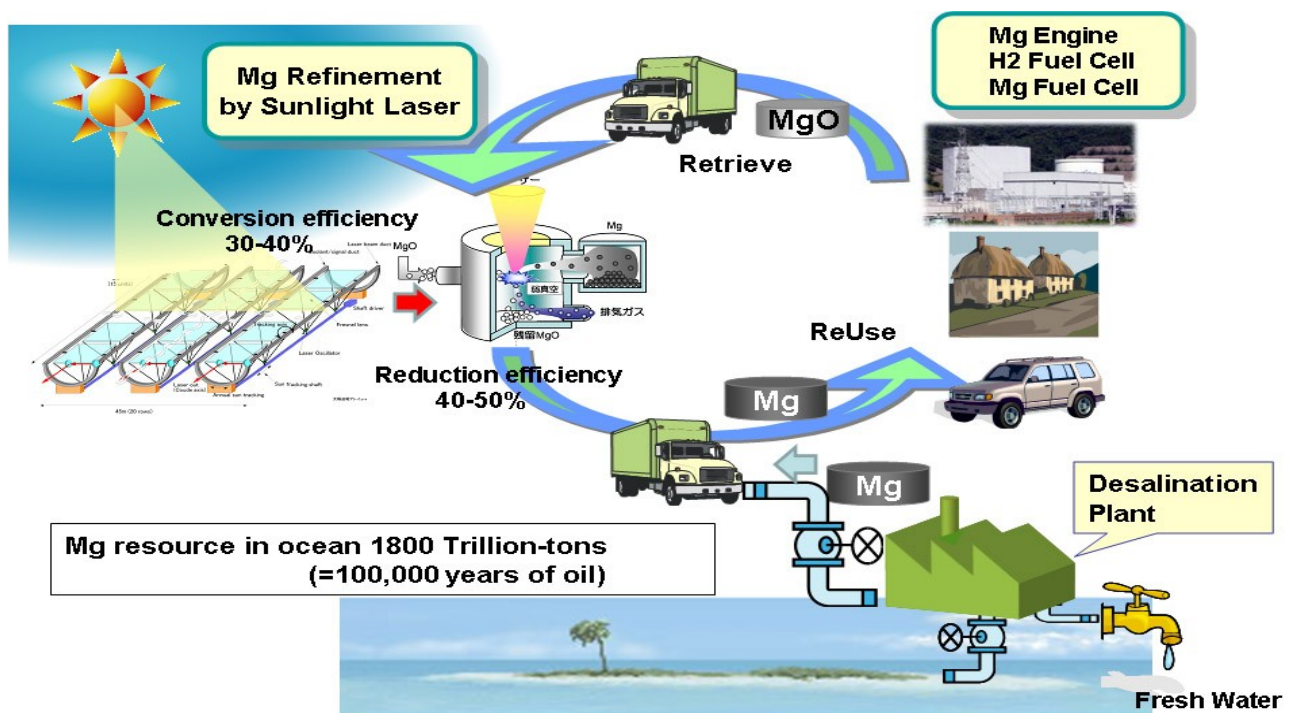
V.O en Japonais



Version de l'ambassade Française au JAPON

Fonctionnement: La production d'hydrogène consiste à mélanger des granules de magnésium avec de l'eau, pour créer une réaction exothermique, produisant à la fois de la chaleur et de l'hydrogène. Les résidus générés sont de l'eau et de l'oxyde de magnésium, qui peuvent être décomposés à nouveau par l'intermédiaire de lentilles de Fresnel de 2 m², suivant la trajectoire du soleil durant la journée, construites de manière à concentrer la lumière du soleil sur un laser compact pouvant générer un rayon laser allant jusqu'à une puissance de 400 W, dont les faisceaux sont dirigés sur des fibres microscopiques aidant la lumière et la chaleur à se focaliser sur les particules d'oxyde de magnésium à l'intérieur d'une chambre à vide pour constituer du magnésium.

Soit le cycle d'oxydation du magnésium avec l'eau pour produire de l'hydrogène et après utiliser le laser solaire pour la réduction de l'oxyde et reproduire du magnésium, est un cycle pouvant être répété tant qu'il y a du soleil.



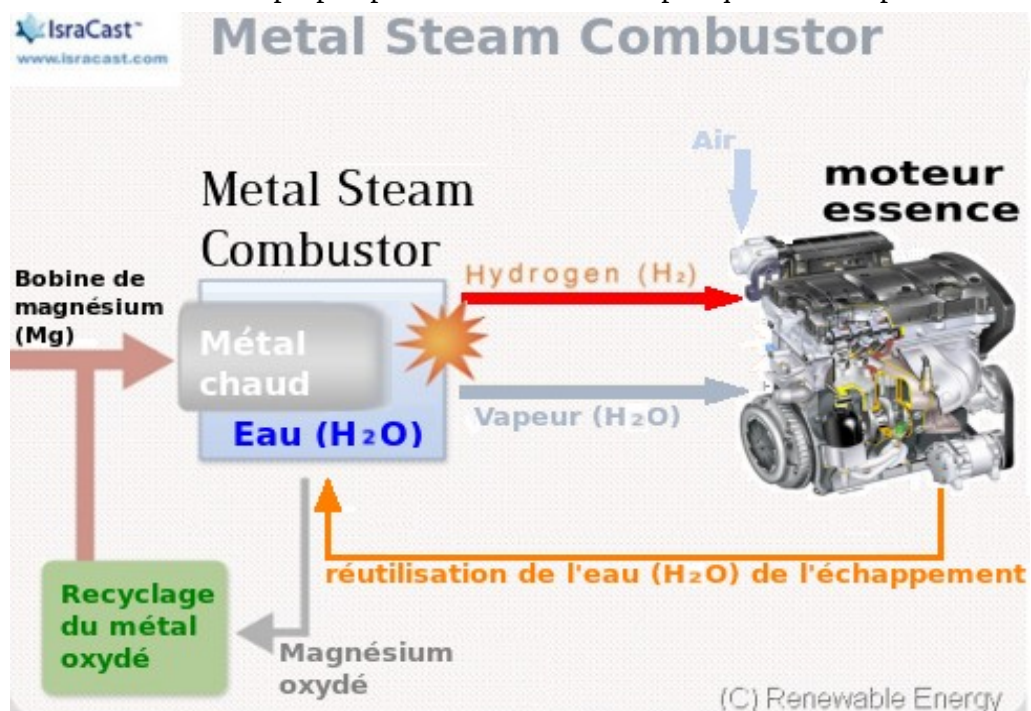
4) APPLICATION POUR VÉHICULE À MOTEUR THERMIQUE



a) Engineuity Research & Development

La compagnie ISRAÉLIENNE ENGINEUITY a imaginé un système permettant de produire un flux continu d'hydrogène et de vapeur sous pression pour véhicule thermique à partir de métaux légers tels que le magnésium ou l'aluminium. Le réservoir des véhicules traditionnels est remplacé par un appareil appelé "Metal-Steam combustor" qui extrait l'hydrogène de l'eau.

La technologie est la suivante: L'extrémité de la bobine de métal est insérée dans la chambre de combustion du "Metal-Steam combustor" rempli d'eau où il est chauffé à très haute température. Le métal chauffé en contact avec l'oxygène de l'eau crée un oxyde métallique qui capture les atomes d'oxygène. En conséquence, les molécules d'hydrogène libres sont envoyées dans le moteur avec la vapeur et seulement de l'eau est produite lorsque l'hydrogène est brûlé. L'eau de l'échappement résultant de la vapeur et de la combustion de l'hydrogène est réutilisée dans la chambre de combustion du "Metal-Steam combustor". L'oxyde de métal résultant de la réaction est récupéré par aspiration dans une station de recyclage pour un reconditionnement en vue de leur réutilisation ultérieure. Le processus est totalement propre pour l'environnement puisqu'il n'émet pas de CO_2 dans l'air.

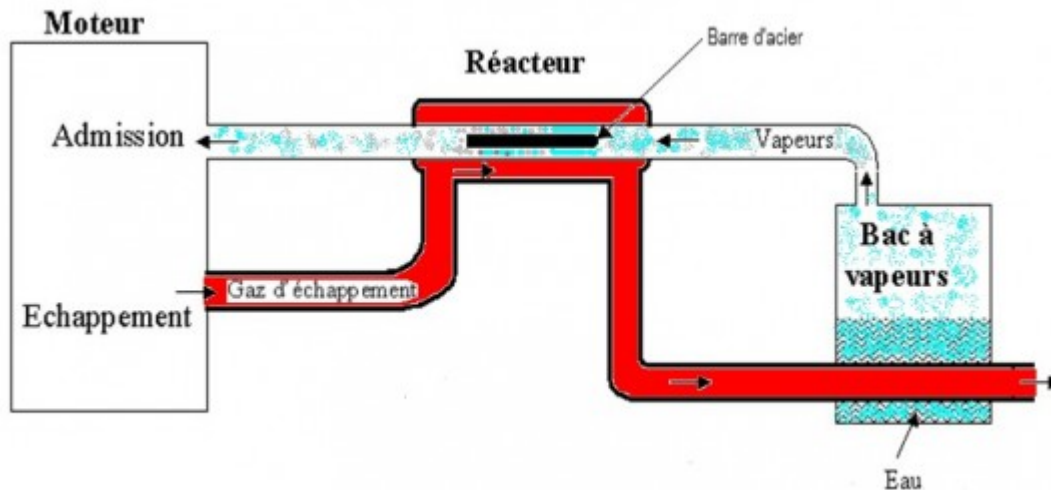


Les voitures intégrant ce système ne devraient pas coûter plus chère qu'une voiture traditionnelle.

Les entrepreneurs et créateurs de l'entreprise sont: Pr. Amnon YOGEV, qui a récemment pris sa retraite du prestigieux Institut Weizmann des sciences, après 40 ans, où il a, entre autres fonctions, conduit l'Energy Research Center. Le Prof. YOGEV a occupé divers postes dans les services de défense et a été un membre actif de l'énergie de plusieurs comités liés à l'UE et à la planification du 6e Programme-cadre. Le colonel, à la retraite, Elie GAMZON, ingénieur de l'aéronautique et en informatique, il a servi 20 ans comme ingénieur de développement dans l'armée de l'air Israélienne et a occupé divers postes dans les services de défense. Durant les années 80, M. GAMZON a fondé et dirigé la Flèche d'argent jusqu'à ce qu'elle soit acquise par ELBIT SYSTEMS en 1997. La technologie a été développée en coopération avec Alubin R & D Ltd, Opuntia dirigée par le professeur Eran Sher et l'Institut de technologie Technion.

<http://engineuitycoil.nationprotect.net>

b) Craquage de l'eau par oxydoréduction pour moteur thermique (appelé aussi système GILLIER PANTONE)



L'oxydation d'un métal comme le fer consiste à emprisonner de l'oxygène. Lorsque l'oxydation du fer se déroule dans l'eau (H_2O), l'absorption de l'oxygène (O) par le fer casse les molécules d'eau et libère de l'hydrogène ($2H$).

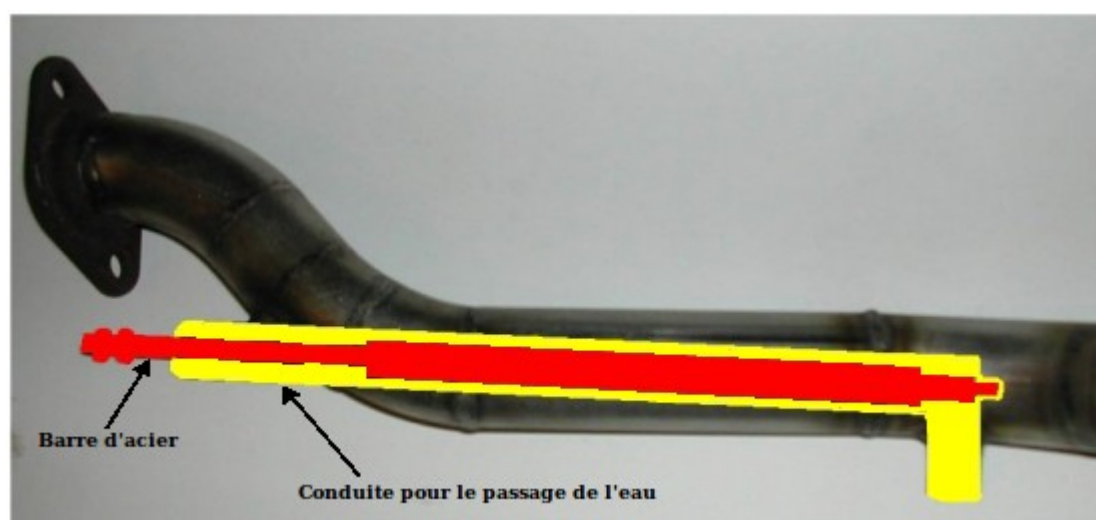
Le fait de chauffer le fer accélère l'oxydation et donc dans l'eau, le craquage des molécules d'eau.

La chaleur de l'échappement des moteurs thermiques peut être utilisée pour chauffer le métal et accélérer son oxydation dans l'eau pour produire de l'hydrogène qui sera injectée dans l'admission pour augmenter le rendement du moteur.

L'eau peut aussi être préchauffée par échange thermique avec l'huile de lubrification du moteur et le circuit de refroidissement.

Réacteur pour le craquage de l'eau avec l'échappement





- Les précurseurs du craquage de l'eau pour moteur thermique en FRANCE

Monsieur Jean CHAMBRIN et monsieur Jack JOJON ont déjà depuis longtemps réalisés le procédé de séparation de l'hydrogène et de l'oxygène de l'eau par craquage.

L'expérience a prouvé que le système PANTONE qui est l'invention la plus proche de celle de Chambrin, permet à un coût très bas de réduire presque complètement la pollution, et en plus il permet de réduire la consommation dans d'importantes proportions comme le démontre le site Quant'homme depuis quelques années.

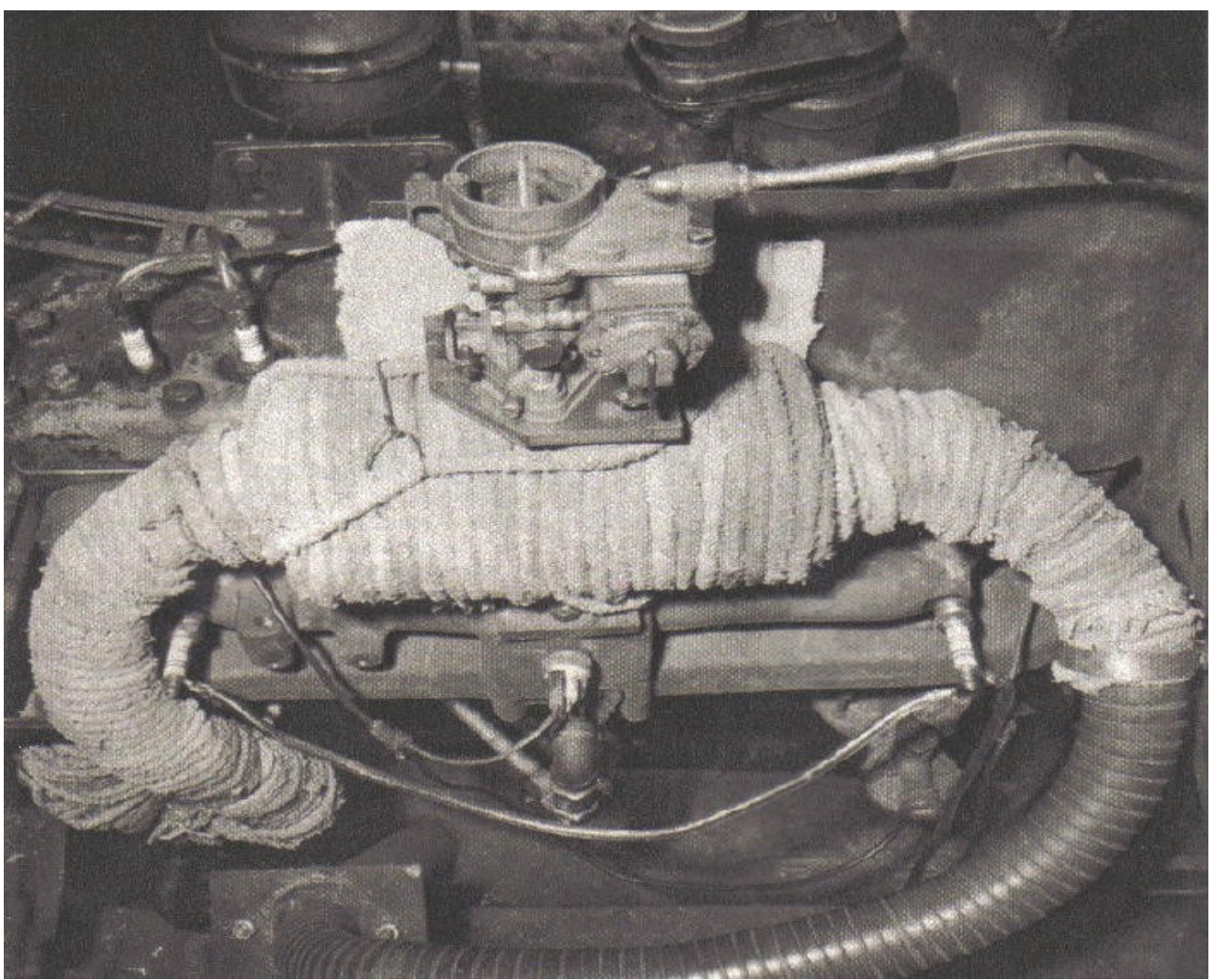
L'automobile n° 338
– juillet 1974



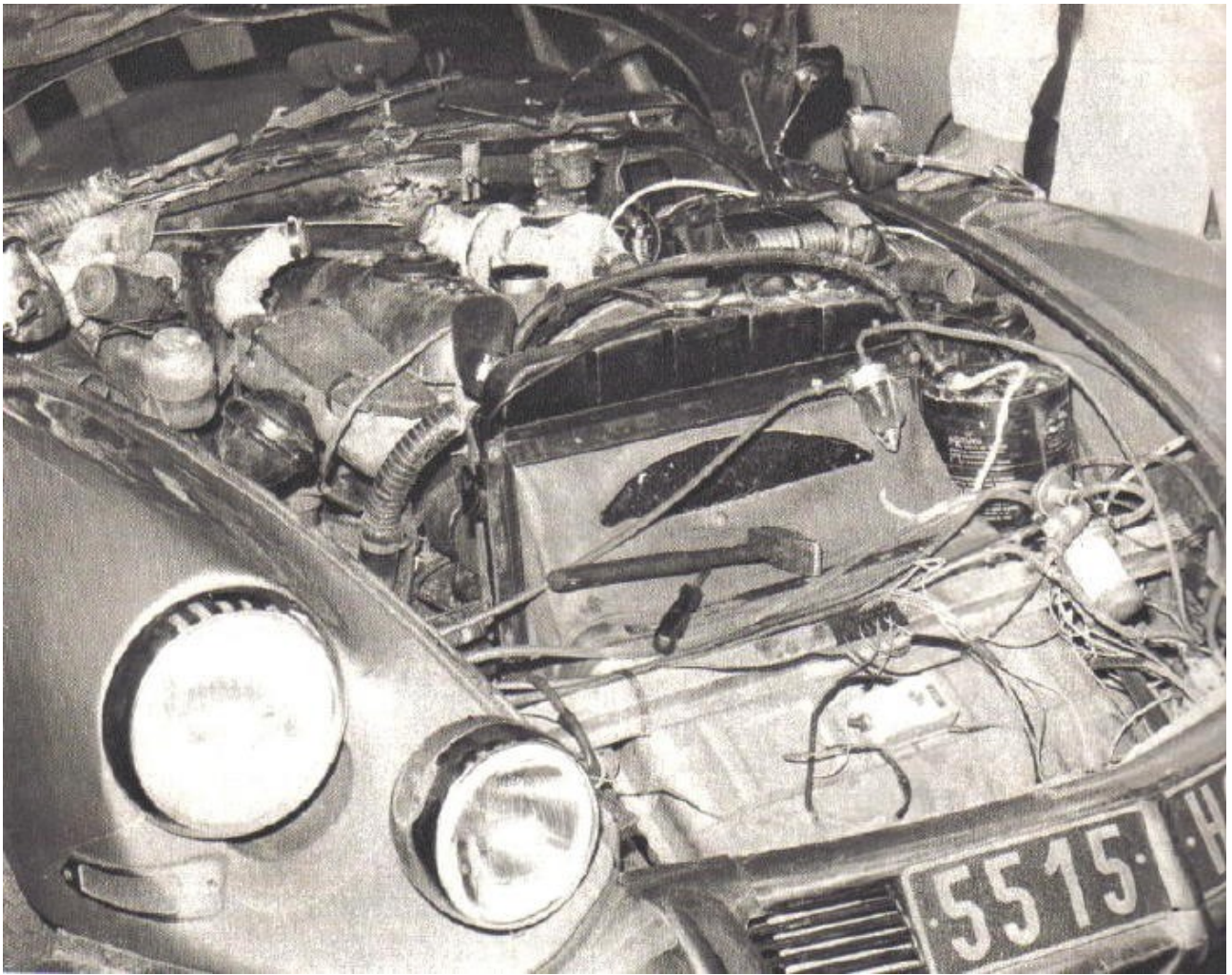
Citation « Les carnets de René »:

« Monsieur CHAMBRIN s'est exilé au Brésil, même sa femme ignorent son lieu de résidence, monsieur CHAMBRIN a été donné plusieurs fois pour mort, il a été revu à Genève... »

[Chambrin Jojon moteur eau](#)



La DS du craquage de l'eau



- Vitry-sur-Orne : la recette miracle pour rendre une auto écolo, le dopage à l'eau !

Par [Séverine Alibeu](#) - le Mercredi 06 juin 2007 |



Dans la commune de [VITRY-SUR-ORNE](#) (commune française située dans le département de la Moselle et la région Lorraine), le moteur d'un véhicule communal consomme et pollue moins. Environ 40% de moins pour la consommation et environ 75% de moins pour la pollution. Étonnant. Comment un tel résultat est-il possible ? Réponse : une pièce métallique d'une vingtaine de centimètres, réalisée pour un coût d'environ 150 euros par les services municipaux à partir de pièces disponibles dans le commerce qui injecte de la vapeur d'eau sous haute pression dans le moteur. Le maire Luc Corradi précise : "Les plans de ce réacteur à eau nous ont été fournis par deux jeunes ingénieurs, Alexandre Grégoire et Christophe Martz, à partir des travaux du chercheur américain Paul Pantone. Cet équipement nous revient à 736,96 euros comprenant les pièces et la formation donnée au personnel par Alexandre Grégoire afin que nous soyons autonomes pour équiper les autres véhicules. Cette somme sera amortie en quelques semaines."

Rocco Liquori, employé municipal, est content. Sa camionnette C15 Citroën âgée de 14 ans est comme neuve : "Il n'y a plus les claquements des culbuteurs, presque plus de fumée noire et il y a aussi moins de passage à la pompe. Un plein sur trois a disparu pour être précis. Sans compter que le moteur s'use moins et que la voiture est beaucoup plus agréable à conduire."

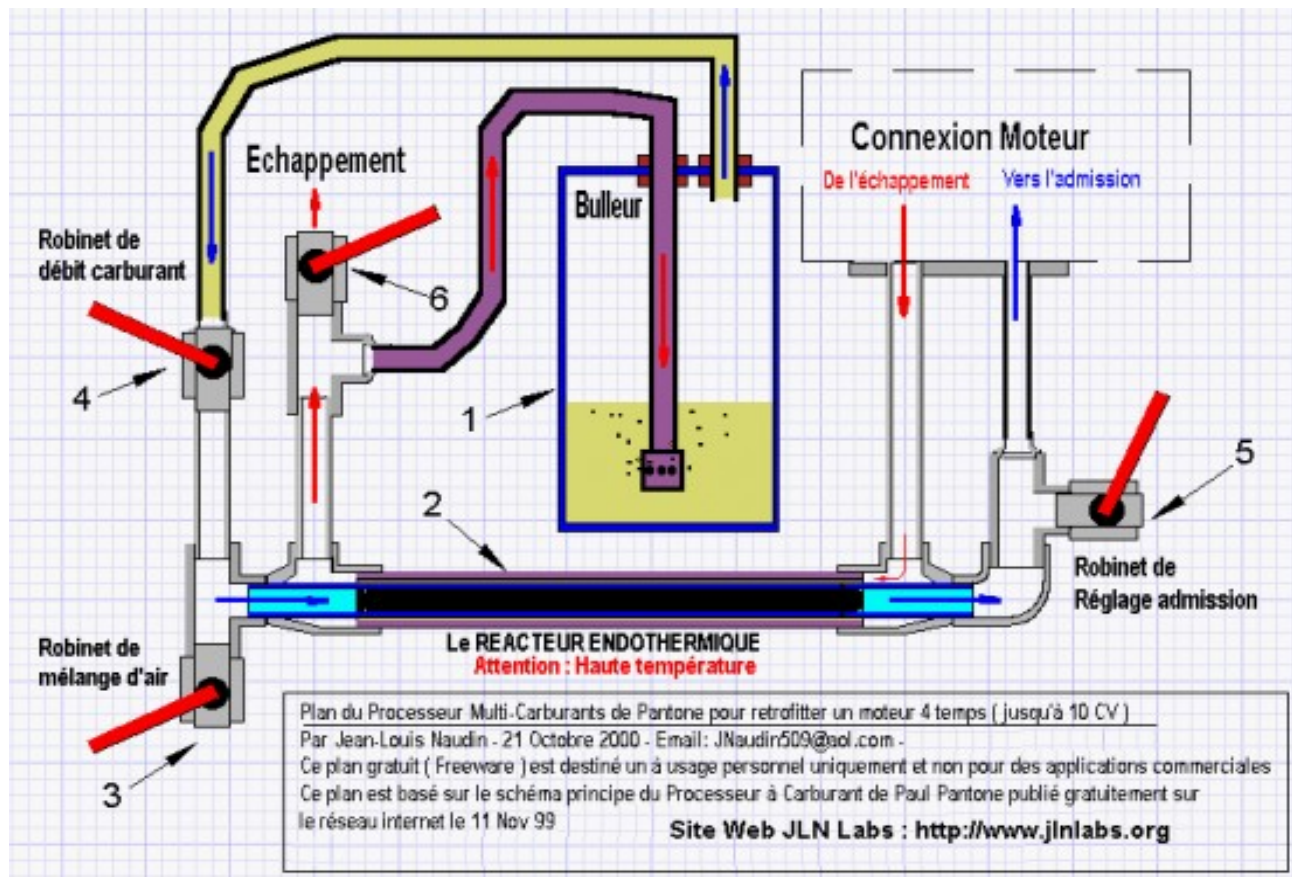
La société de contrôle technique automobile de Rombas qui a mesuré les paramètres de cette C15 confirme que la pollution a baissé de 82,81% et la consommation de gasoil de 36%. Alexandre Grégoire et Christophe Martz sont originaires de Metz et de Bouillon (Belgique). Ils sont diplômés respectivement de l'ENS-GSI de Nancy et de l'Insa de Strasbourg. Christophe Martz explique : "Nous avons du recul sur ce système. Il fonctionne sur certains tracteurs depuis des années. Plus de 100 000 heures de travail agricole ont été effectuées à la satisfaction des exploitants. La chambre d'agriculture de l'Aisne a mené une étude sur deux des moteurs de tracteurs identiques : celui avec le réacteur à eau consommait 25% de moins et gagnait 6% de puissance."

Au fait, pourquoi cette technique n'est pas mise en place par les grands constructeurs automobiles alors que les essais sont satisfaisants ? Luc Corradi répond : "Pensez-vous que les pétroliers soient prêts à voir baisser leurs profits de 20%, les constructeurs automobiles à voir leurs moteurs durer plus longtemps et l'État à perdre des milliards d'euros de taxe ? 1% de baisse de la consommation de gazole, c'est 9 milliards d'euros en moins dans les caisses. Ici, à VITRY, on refuse ce calcul. On va équiper tous les véhicules communaux." Les jeunes ingénieurs mettent en avant que Paul Pantone a déposé son brevet libre de tous droits : "Personne ne peut gagner de l'argent avec son invention L'environnement est le seul bénéficiaire."

www.youtube.com

www.dailymotion.com voiture-a-moteur-dope-a-leau-a-vitr

- Craquage de l'eau avec bulleur

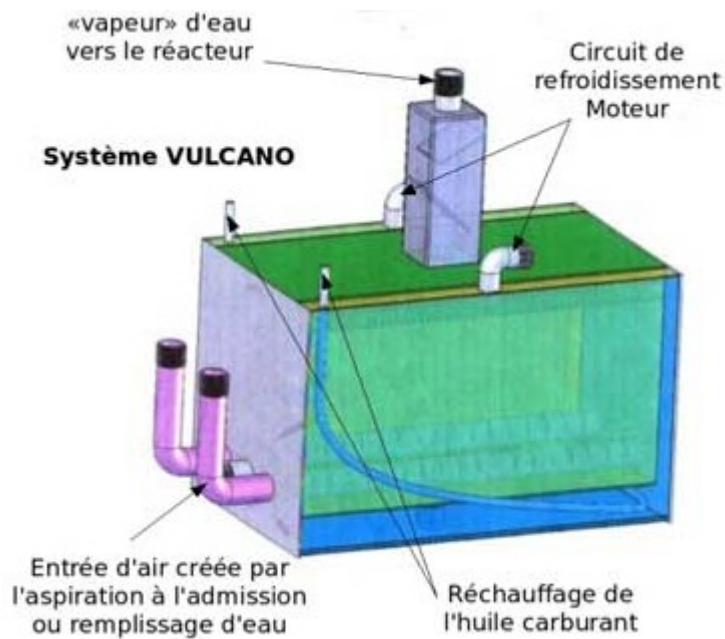




>Réacteur pantone : "processeur" multicarburant à eau, à huile, multi-hydrocarbures...

>[NRJrealiste/pantone](#)

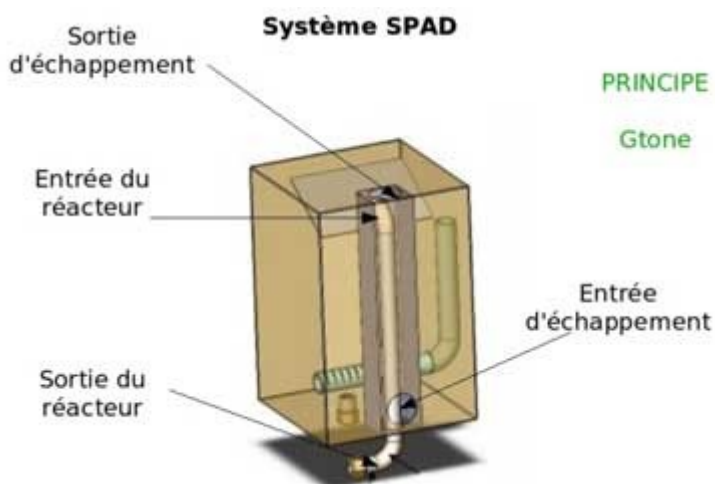
- Système vulcano



le système VULCANO en plus des gaz d'échappement pour chauffer l'eau, utilise la chaleur du liquide de refroidissement pour préchauffer l'eau.

www.lavoixeco.com/un_economisateur_de_carburants

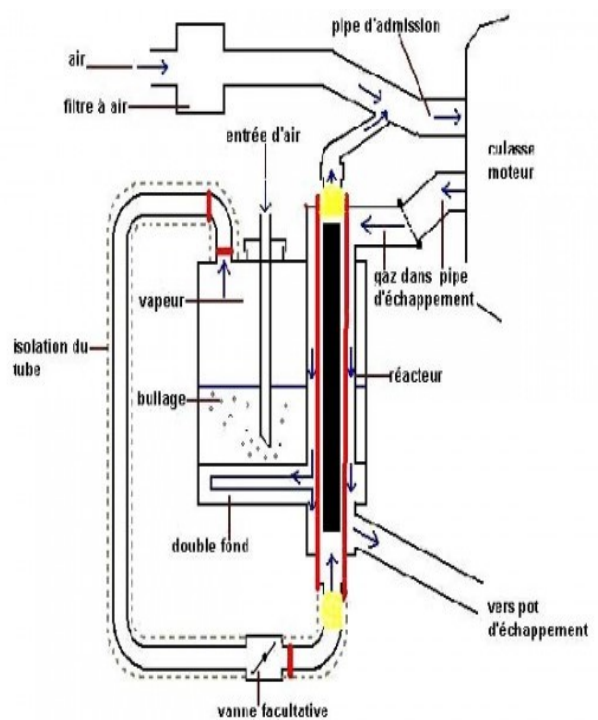
- Système spad



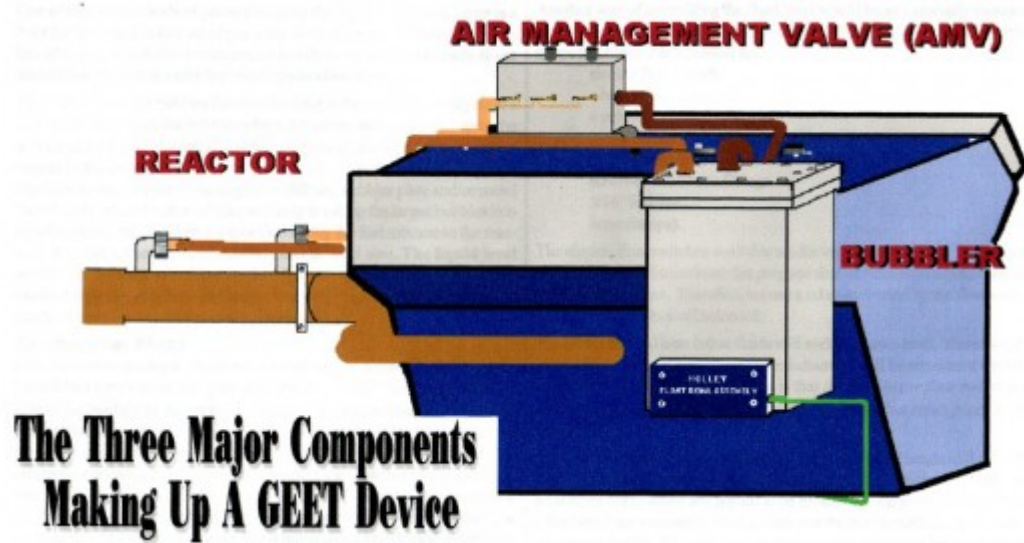
le SPAD utilise uniquement les gaz d'échappement pour chauffer l'eau.

www.hellopro.fr/Economiseur-carburant-spad-

- Tracteurs avec système de craquage de l'eau



- GEET (Global Environmental Energy Technology)



[www.Geet Institut](http://www.GeetInstitut.com)

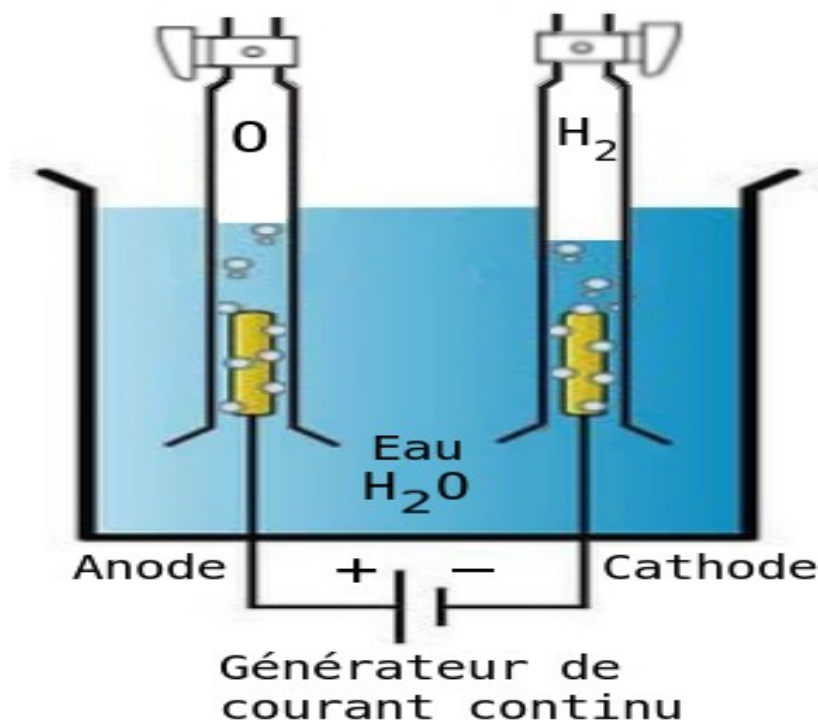
[www.GEET International](http://www.GEETInternational.com)

7) production d'hydrogène par électrolyse

a) Principe :

L'électrolyse de l'eau consiste à faire traverser une eau par un courant continu pour dissocier les molécules d'eau (H_2O) en oxygène (O) à l'anode, borne électrique positive et en hydrogène (2H) à la cathode, borne électrique négative.

Cependant, l'eau pure est peu conductrice d'électricité et pour augmenter la conductivité électrique de l'eau, il est utilisé des électrolytes qui sont habituellement des acides, des bases ou des sels, ce qui explique pourquoi l'eau de mer est idéal pour une électrolyse.



En ne prenant pas en compte le système de production de l'électricité, le rendement d'une électrolyse avec un bon électrolyte est de 90 %.

Électrolyse haute température:

Le rendement peut encore être augmenté par une électrolyse haute température, comprises entre 700 et 1000 °C.

L'énergie totale à fournir serait moins importante grâce à l'augmentation de la cinétique des réactions à haute température, 3,1 kWh/Nm³ sont nécessaires pour l'électrolyse haute température contre 4,1 kWh/Nm³ pour l'électrolyse conventionnelle.

b) Une équipe française vient de mettre au point un procédé d'électrolyse haute température de l'eau sous pression.

Une large équipe s'est attelée à la tâche de mettre au point un procédé plus économique et plus fiable, constituée de quatre laboratoires du CNRS et de deux entreprises, Areva (le premier industriel français du nucléaire) et SCT (spécialisée dans les liaisons céramique-métal).

Leurs résultats viennent d'être présentés et même brevetés. La technique mise au point exploite la voie protonique, c'est-à-dire à échange d'ions hydrogène H^+ . La principale idée consiste à travailler sous pression, à 50 ou 100 bars. L'équipe a réalisé deux prototypes et démontré la viabilité du procédé.



L'un des prototypes, fonctionnant à 800°C sous 50 bars. A gauche, on remarque le système de gestion des gaz (vapeur d'eau, air et hydrogène). Instrumenté, il a permis d'étudier dans le détail le déroulement des réactions chimiques et des paramètres physiques. © Areva NP/ IEM

Dans le second prototype de production d'hydrogène, la température est plus faible (650°C) mais la pression plus élevée (100 bars). Les images agrandies montrent l'extérieur du cœur de la cellule électrochimique ainsi que les passages métal-céramique. © Areva NP/ IEM



L'électrolyse sous pression, entre 50 et 100 bars abaisse de près de 200° C de la température de fonctionnement par rapport à la solution utilisant la conduction par ions O^{2-} . En permettant l'usage d'alliages commerciaux, cette technologie, aujourd'hui protégée par un brevet, diminue le coût de l'hydrogène produit.

c) Électrolyse pour particuliers

Stuart Energy Systems inc. (Stuart)Vandenborre Hydrogen Systems [Vandenborre Technologies]

ITM Power est une entreprise anglaise qui se propose de vous installer un générateur d'hydrogène chez vous, couplé à une pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène.



La Green Box : le plein d'énergie à domicile

www.bulletins-electroniques.com



Les coûts de l'essence et des factures énergétiques atteignant des sommets, un système qui produit et stocke de l'hydrogène de façon écologique et à un prix abordable, risque de révolutionner le marché énergétique mondial. La société ITM Power, basée à Saffron Walden (Essex), estime qu'une partie de la solution réside dans son électrolyseur de taille domestique qui rappelle un réfrigérateur-congélateur.

Cette station à hydrogène, la Green Box, qui va bientôt entrer en phase d'industrialisation, fonctionne via un électrolyseur utilisant de l'eau et de l'électricité produite en amont grâce à l'énergie solaire ou éolienne. Par ailleurs, un générateur à combustion interne convertit le gaz (ici l'hydrogène) en électricité, alimentant ainsi la maison en énergie.

Jim HEATHCOTE, directeur général d'ITM Power, affirme que ce nouveau système résout l'un des problèmes fondamentaux du stockage de l'énergie produite par les récupérateurs et convertisseurs d'énergies renouvelables (panneaux solaires, éoliennes, etc). **Ce système permet donc de produire et de stocker un combustible utile.** En effet, selon lui, la bataille pour la sécurité énergétique consiste à fabriquer de l'hydrogène à un coût compétitif face aux combustibles concurrents.

La force de la technologie inventée par ITM Power se trouve dans la membrane de polymère de l'électrolyseur. En règle générale, l'électrolyse reste un procédé difficile, en raison de l'environnement chimique agressif qu'il entraîne. D'une façon générale, les électrolyses alcalines utilisent un électrolyte liquide qui peut absorber les gaz produits, rendant le système potentiellement explosif et nécessitant des coûts supplémentaires de dégazéification en usine. Les électrolyseurs acides utilisent, eux, une membrane de polymère fluorée afin de séparer efficacement l'oxygène de l'hydrogène. Cependant l'utilisation d'un catalyseur de platine rend ce procédé extrêmement coûteux. La production d'une membrane de polymère coûte environ 250 livres/m² (environ 319 euros/m²).

Celle conçue par ITM Power ne reviendrait qu'à seulement 2,50 livres/m² (environ 3,19 euros/m²). Afin d'arriver à un tel coût de production, ITM Power a développé une nouvelle classe de polymères, dits réticulés hydrophiles à haute conductivité ionique. Au départ, les réactifs, sous forme liquide, sont versés dans un moule et subissent une réticulation par rayonnement ultraviolet ou gamma. Cette réticulation, permet de lier de façon permanente, par polymérisation, les macromolécules constitutives de la substance initiale. Les molécules se rassemblent alors en 3D afin d'éviter toute dégradation en bouts de chaînes, ce qui rend inutile l'utilisation de fluor. ITM Power, affirme être capable d'ajouter un composant alcalin avant la phase de polymérisation, ce qui permet d'éviter l'étape de dégazéification nécessaire lors d'électrolyses alcalines traditionnelles. Cela permet également de se débarrasser du platine dans le cas d'une électrolyse acide. **En termes de production d'hydrogène la Green Box peut assurer à une voiture une autonomie d'environ 40 km.** Les différentes recherches actuellement en cours dans les laboratoires d'ITM Power visent à atteindre 160 km d'autonomie.

David Hart, chercheur à Imperial College London, commentant l'efficacité et les failles d'un tel système, explique que la Green Box est un système tout à fait plausible. Cependant, le fait qu'elle utilise l'électricité pour assurer son fonctionnement risque de contrecarrer l'objectif zéro émission, à moins que les futurs acheteurs n'utilisent qu'une électricité "verte" d'origine éolienne ou solaire. L'autre barrière qui reste à franchir, est selon lui, l'acceptation par le public d'un tel système dans une maison.

BE Royaume-Uni numéro 89 (18/09/2008) - Ambassade de France au Royaume-Uni / ADIT

www.bulletins-electroniques.com

Devant les voitures à pile à combustible (PAC), et c'est tout ce qu'on peut faire aussi longtemps qu'elles seront des prototypes faits à la main, et qui valent des millions. L'économie de l'hydrogène dont on parle pour le futur n'est pas cela. Elle doit être pour tout le monde, avec les moyens de chacun. Mais comment produire l'hydrogène à bon prix sans recourir à une énorme usine à gaz, et dans quelle voiture courante l'utiliser, [ITM Power](#) a réponse à ces 2 questions. Spécialiste anglais de l'hydrogène, cette entreprise a développée un électrolyseur de petite taille. Il fonctionne avec un courant de 10 kW, en 230 V. Suffisamment compact pour être installé dans le garage individuel d'une maison, l'idée est de s'en servir la nuit, en profitant du tarif réduit de l'électricité. On dort, et pendant ce temps, la machine fabrique de l'hydrogène et fait le plein de la voiture.



Cela semble très avantageux, mais la recherche d'un coût abordable a bridée les

performances. L'électrolyseur d'ITM Power ne sort de l'hydrogène qu'à 75 bars, quand on trouve sur le marché des modèles qui sortent le gaz à 200 bars de pression. Mais c'est vrai qu'ils sont chers. Et on ne s'en contente pas pourtant, puisqu'on rajoute un compresseur derrière, pour amener l'hydrogène à 350, voire 700 bars, dans le réservoir de l'auto. C'est avec un réservoir de 700 bars, et une PAC à hautes performances qu'un [Chevrolet Sequel a parcouru 482 km](#). Sans compression supplémentaire, la voiture modifiée par ITM Power stocke son hydrogène à 75 bars, ce qui suppose un réservoir volumineux, avec une autonomie d'autant plus réduite que cet hydrogène n'est pas employé par une PAC, mais un classique moteur à combustion interne, modifié au moindre coût pour accepter l'hydrogène.

ITM Power a fait ses tests avec une Ford Focus 2 litres essence, bivalente, avec un réservoir d'hydrogène dont ils ne précisent pas le volume, l'auto a roulée un peu plus de 40 km à l'hydrogène avant de devoir passer à l'essence. On suppose une grosse perte de puissance à l'hydrogène avec un moteur modifié simplement, mais on retient que pendant ces 40 km, la Focus a roulée sans rejeter de CO₂. Il n'y en a pas eu non plus lors de la production de l'hydrogène, et il y en peut-être eu en amont lors de la production de l'électricité, mais on voit un potentiel. ITM Power prévoit des démonstrations publiques de sa technologie, et l'entreprise a aussi un programme très prometteur de PAC à coût raisonnable. La PAC reste la solution la plus avantageuse en terme de rendement, mais sans attendre la production en grande série qui la rendra abordable, les solutions d'ITM Power permettent sur une petite distance un fonctionnement sans CO₂ de nos voitures d'aujourd'hui, c'est déjà beaucoup.

d) Installation personnelle de Mike STRIZKI

Mike Strizki, ingénieur à Renewable Energy International, Inc. et à Advanced Solar Products, Inc., a construit un système électrique non polluant pour sa maison, en couvrant la pente de son toit orienté au sud de panneaux solaires et un électrolyseur pour extraire l'hydrogène de l'eau avant de le stocker dans des réservoirs installés sur sa propriété.



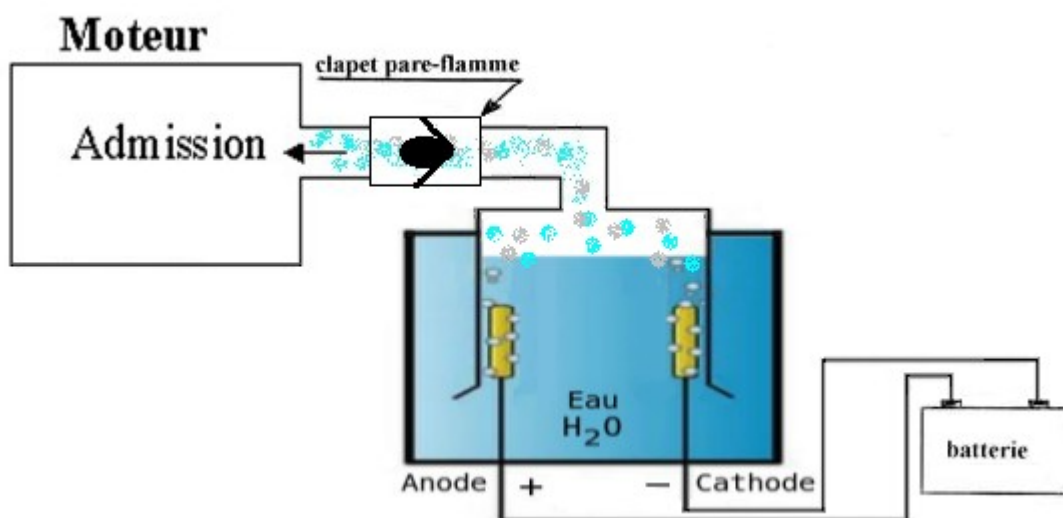
Les panneaux solaires répondent à 160% des besoins de la maison en électricité pendant l'été et à 60% de ses besoins pendant l'hiver. La gestion de la consommation saisonnière de l'énergie lui permet de se constituer pendant l'été une réserve d'hydrogène suffisante pour l'hiver. Il dispose de suffisamment d'hydrogène pour alimenter des véhicules et des appareils ménagers, y compris pour faire la cuisine à l'hydrogène, pendant toute l'année.



Il a plus d'énergie qu'il ne lui en faut pour alimenter sa baignoire, sa piscine, son téléviseur grand écran et ses voitures à pile à combustible. (Photo : Renewable Energy International)

e) L'électrolyse pour moteur thermique

L'électrolyse de l'eau consiste à faire parcourir de l'eau conductrice par un courant électrique continue pour séparer les molécules d'eau et produire de l'hydrogène ($2H$) et de l'oxygène (O). (L'eau distillée n'est pas conductrice, pour la rendre conductrice il faut ajouter un sel ou un nitrate). L'hydrogène et l'oxygène produits sont directement injectés dans l'admission.



Avertissement pour moteur diesel ! Les bougies de préchauffage du moteur diesel, notamment en hiver lorsque le temps de préchauffage est plus long, peuvent suffire à déclencher la combustion du mélange oxygène hydrogène produit durant le préchauffage. Pour empêcher ce désagrément il est conseillé d'injecter l'hydrogène et l'oxygène dans le circuit d'admission le plus loin possible des bougies de préchauffage, voir avant le filtre à air.

L'électrolyse adapter sur un moteur thermique peut encore largement être optimisé, car l'électricité nécessaire à l'électrolyse de l'eau peut être produite par:

- Des cellules photovoltaïques.
- Le freinage, procédé réservé pour l'instant aux voitures bi-énergies. [15\) LE FREINAGE DES VÉHICULES](#)
- Le déplacement hydraulique des suspensions. [16\) suspensions des véhicules](#)
- Des modules générateurs thermoélectriques transformants la chaleur perdue du moteur, du système de refroidissement et de l'échappement. [17\) L'EFFET THERMOÉLECTRIQUE](#)

Ces nouvelles sources électriques pour l'électrolyse permettent d'encore largement diminuer la consommation de carburant pétrolier et un prototype a démontré une réduction de 80% de carburant pétrolier.

Pour les véhicules actuels, toujours plus consommateur d'électricité, il est nécessaire d'installer une source d'électricité supplémentaire pour rendre vraiment efficace le système d'électrolyse. Un des systèmes le plus disponible est le générateur thermoélectrique ([17\) L'EFFET THERMOÉLECTRIQUE](#)) qui transforme directement la chaleur perdue du moteur (chaleur du liquide de refroidissement et de l'échappement) en électricité et qui est déjà en lui même un moyen d'économie d'énergie, car le générateur thermoélectrique peut fournir plus d'électricité que l'alternateur. Soit, il vaut mieux commencer par installer la nouvelle source électrique et ensuite installer l'électrolyseur.

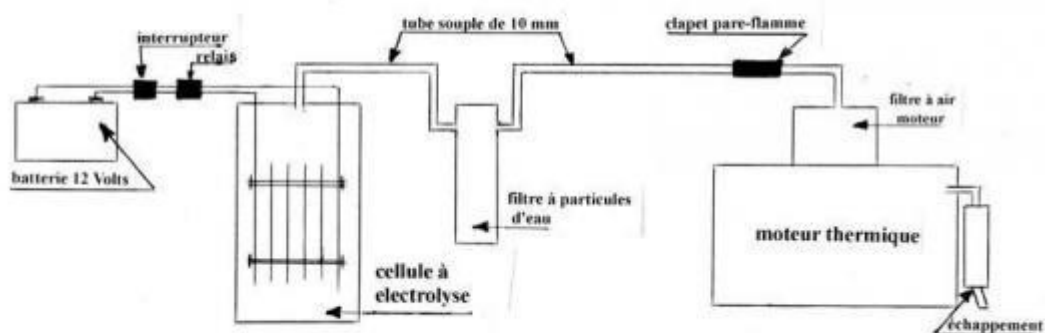
- Système d'électrolyse pour moteur thermique
par Christian FETTER et Gérard FROUSSART



AddWater V.1-
Appareil
Câbles et
Pièces
10.11.2008



Schéma du GENERATEUR à GAZ " ADDWATER V.O"
(modèle de base)



AddWater V.0- Schéma Christian Fetter - Gérard Froussart - 10.11.2008

Schéma, explication et réalisation d'un système d'électrolyse par Christian FETTER et Gérard FROUSSART pour le réaliser soi-même.

> www.AddWater V.1-Froussart Fetter-

> [\[PDF\]-www. AddWater V . 1](#)

> www.Expérimentations 2008-AddWater Froussart Fetter

- Kit de production d'hydrogène pour véhicule

Ces kits permettent par électrolyse de convertir l'eau en oxygène et en hydrogène pour alimenter le système d'admission d'air du moteur.

Pour donner à l'électrolyseurs son rendement maximum il est indispensable de l'associer avec une source de courant électrique comme un générateur thermoélectrique qui transforme la chaleur en électricité et cela permet de réduire la consommation de 50 %.

Kit Moteur à Eau (générateur d'hydrogène)



Générateur Hydrogène HHO



www.voiturehho.com



H2O Utopia Technology

www.utopiatech.gildas.boisrobert

- Générateur Hydrogène HHO

The HHO Plus Generators

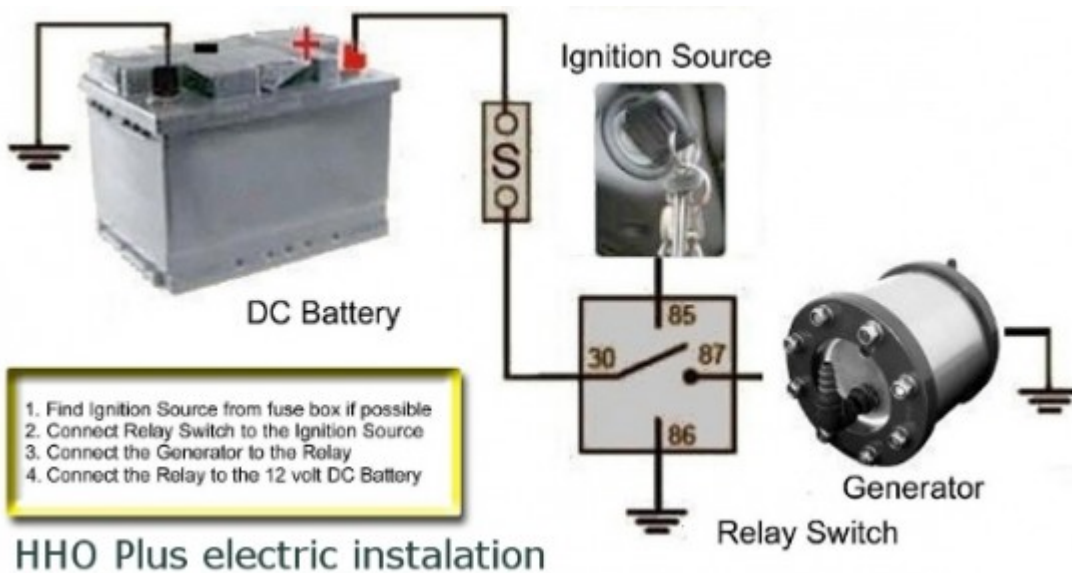
DC1500 For
Small Cars



DC2000 For
Normal Cars



DC4000 For
Trucks



- HFI Hydrogen Fuel Injection



Canadian Hydrogen Energy Company

182 Wellington Street, Bowmanville, ON L1C 1W3

Téléphone: 905-697-7011 Fax: 905-697-7018

>www.Le pont vers l'avenir hydrogène - Steve Gilchrist - Canadian Hydrogen Energy Company

- Innovative Hydrogen SOLUTIONS INC.





www.Innovative Hydrogen Solutions Inc

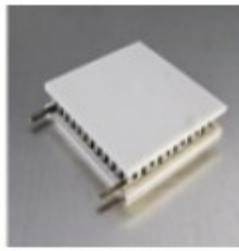
www.Innovative Hydrogen Solutions Inc - À propos de nous

8) Production et utilisation d'hydrogène pour particulier

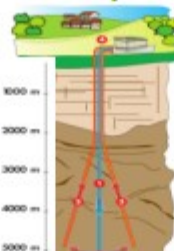
Sources électriques renouvelables



Miroir solaire



Module générateur thermo-électrique



Géothermie



Photovoltaïque



Eolienne



Moulin à eau

courant électrique

Source direct d'hydrogène la photo-décomposition et l'oxydoréduction



Electrolyseur basse pression Type BP - 100 ou MP SAGIM

hydrogène (2H)

oxygène (O)



Compresseur



Compresseur

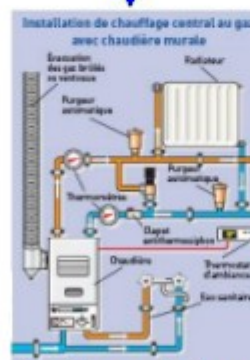
Stockage de l'hydrogène (2H) en citerne et ou en bouteilles à une pression ne dépassant pas 75 bars



Stockage de l'oxygène (O) en citerne et ou en bouteilles à une pression ne dépassant pas 75 bars



générateur électrique AXANE à pile à combustible 10 kW



chauffage centrale au gaz



Chauffe eau au gaz



Groupe électrogène thermique au gaz



Gazinière



Véhicule thermique essence mis au gaz



Honda FCX Clarity à pile à combustible