

## Production d'hydrogène solaire par procédés électrochimiques

MENIA Sabah

Attachée de Recherche

Division Hydrogène - Energie Renouvelable - CDER

E-mail : s.menia@cder.dz

### Introduction

L'hydrogène est un vecteur d'énergie propre et a été annoncé comme le combustible de l'avenir. Toutefois, avant que le futur ne devienne une réalité, une méthode hautement efficace pour produire de l'hydrogène à faible coût doit être développée (1). Cependant, à ce jour les principales méthodes de production d'hydrogène ne sont pas propres, car plus de 95% de l'hydrogène mondial est produit à partir de combustibles fossiles, c'est-à-dire 48% du reformage à la vapeur du méthane (SMR), 30% des raffineries / chimie hors-gaz, et 18 % provenant de la gazéification du charbon. L'électrolyse de l'eau représente moins de 4 %. Ce procédé n'est pas totalement propre car l'électricité utilisée pour la production d'hydrogène n'est pas générée entièrement à partir de combustibles propres. L'utilisation de combustibles fossiles pour produire de l'hydrogène génère de grandes quantités de gaz à effet de serre (2). Il est donc nécessaire de développer une méthode alternative pour produire de l'hydrogène afin de parvenir à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (1). Par conséquent, la future voie de production de l'hydrogène à partir du fractionnement de l'eau par énergie solaire est une solution prometteuse (2).

Les ingénieurs et les scientifiques ont développé de nombreuses méthodes de production d'hydrogène à partir du fractionnement de l'eau par énergie solaire, comme la thermolyse, les cycles thermochimiques, l'électrolyse de l'eau, la photo électrolyse, la photodissociation, la photo décomposition, la photolyse, la photo dégradation, les méthodes photo électrochimiques, photochimiques, photo catalytiques, photo biologiques et hybrides (2)

Cet article est consacré à deux procédés de production d'hydrogène, à savoir : le cycle hybride de Westinghouse et la photo électrolyse. Ce sont des procédés qui sont très prometteurs.

Cette thématique rentre dans le cadre des activités de la division hydrogène du CDER.

### Cycle hybride de Westinghouse

Le cycle de Westinghouse est un cycle thermochimique à deux-étapes pour décomposer l'eau en hydrogène et en oxygène, et dans lequel l'hydrogène est produit par électrolyse. L'oxygène est disponible en tant que sous-produit. La tension de décomposition est inférieure à la tension utilisée dans l'électrolyse directe de l'eau. Il existe quatre principaux sous-systèmes pour ce cycle. Ces sous-systèmes sont : le concentrateur, le décomposeur, le séparateur et l'électrolyseur (3).

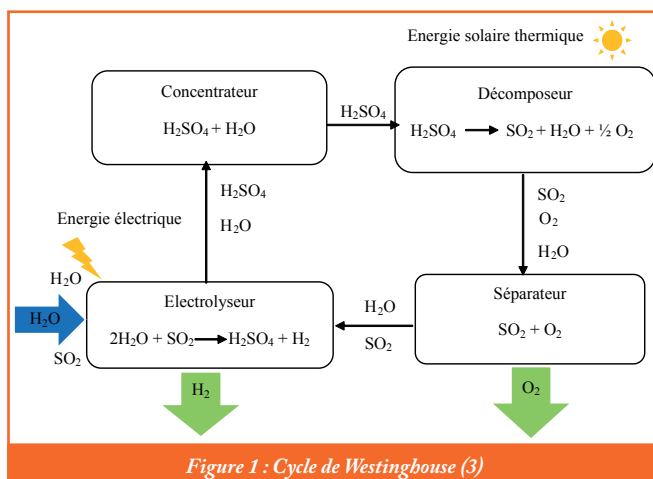


Figure 1 : Cycle de Westinghouse (3)

### Concentrateur

Le rôle du concentrateur est d'extraire l'eau à partir de l'acide sulfurique via le chauffage. Le mélange liquide concentré d'acide sulfurique et d'eau est envoyé au décomposeur.

### Décomposeur

Dans le décomposeur,  $H_2SO_4$  est transformé en  $SO_3$ . Ce dernier est ensuite décomposé à haute température en  $SO_2$  et en oxygène. Le gaz chaud décomposé est envoyé au refroidisseur, puis à un réservoir du séparateur où le mélange vapeur  $SO_3/SO_2/O_2$  est séparé. Le mélange vapeur  $SO_2/O_2$  est transmis au sous-système du séparateur et la phase liquide est envoyée à l'électrolyseur.

### Séparateur

Le mélange vapeur  $SO_2/O_2$  est comprimé à l'aide d'un compresseur pour atteindre la pression nécessaire pour une séparation efficace. Ensuite, il est envoyé au réservoir de séparation. Une fraction importante de  $SO_2$  liquide est transférée à l'appareil de chauffage puis à l'électrolyseur. La phase gazeuse restante, constituée d'oxygène et de dioxyde de soufre est transférée à un refroidisseur pour une étape supplémentaire de séparation à très basse température. Le  $SO_2$  obtenu à partir de l'unité de refroidissement est envoyé à l'électrolyseur et l'oxygène, en tant que sous-produit, peut être stocké pour une utilisation future. Ces deux étapes de séparation permettent d'obtenir de l'oxygène très pur.



### Electrolyseur

A ce niveau, il y a électrolyse de la solution. Il y a donc production d'hydrogène à la cathode et d'acide sulfurique à l'anode.

### Photo électrolyse

La photo électrolyse est l'un des moyens renouvelables de production d'hydrogène, garantissant une efficacité et des coûts prometteurs, même si elle est encore dans la phase de développement expérimental. Actuellement, elle est la méthode la moins coûteuse et la plus efficace de production d'hydrogène à partir de ressources renouvelables (4).

La photo électrolyse utilise un système de collecte de lumière photo électrochimique (PEC) pour l'électrolyse de l'eau. Si la photo électrode semi-conductrice est immergée dans une solution aqueuse d'électrolyte exposée au rayonnement solaire, elle générera suffisamment d'énergie électrique pour supporter les réactions qui conduisent à la production d'hydrogène et d'oxygène. Lors de la production de l'hydrogène, les électrons sont libérés dans l'électrolyte, tandis que la production de l'oxygène nécessite des électrons libres. La réaction dépend du type de matériau semi-conducteur et de l'intensité du soleil, qui produit une densité de courant de 10 à 30 mA/cm<sup>2</sup>. À ces densités de courant, la tension nécessaire à l'électrolyse est d'environ 1,35 V (4).

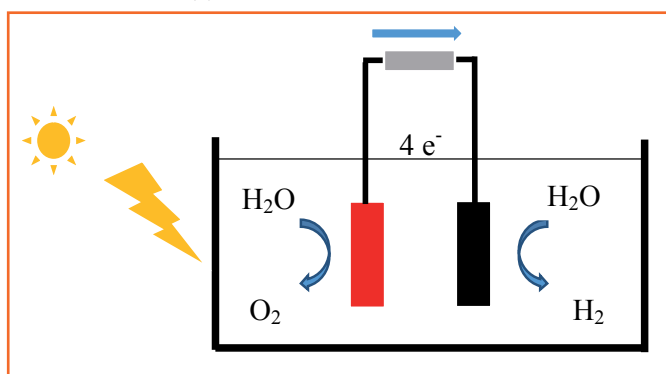


Figure 2 : Principe de la photo électrolyse

### Conclusion

Dans cet article, on a examiné les mécanismes de réaction de la conversion de l'énergie solaire en hydrogène. Le premier

procédé, basé sur les cycles thermochimiques, fait appel à la chaleur thermique solaire pour produire de l'hydrogène. Les cycles thermochimiques bénéficient d'une production à grande échelle afin de minimiser les pertes d'énergie provenant des températures élevées requises et des procédés auxiliaires multiples pour une opération intégrée du cycle thermochimique. Le rapport global de l'efficacité de conversion de l'énergie solaire en hydrogène au moyen de l'électrolyse de l'eau est en dessous de 30%. Et l'amélioration de l'efficacité énergétique est principalement déterminée par l'augmentation de l'efficacité de la conversion de l'énergie solaire en électricité, qui est au maximum de 20% pour les panneaux PV actuellement opérationnels et les centrales thermo solaires. L'efficacité de conversion de l'énergie solaire en hydrogène des technologies photo électrochimiques est considérablement limitée par la gamme de longueur d'onde des photos électrodes. Même si l'efficacité quantitative est aussi élevée que 56 %, l'efficacité de conversion de l'énergie solaire en hydrogène est encore en dessous de 16 %. D'autre part, les cycles thermochimiques et l'électrolyse de l'eau peuvent avoir besoin de systèmes supplémentaires de distribution d'hydrogène. Par comparaison, les technologies photo électrochimiques sont plus adaptées aux stations de ravitaillement en hydrogène parce que moins de processus sont nécessaires et les systèmes externes de distribution d'hydrogène peuvent être évités.

### Références

1. S. Ranganathan, E. Bradley Easton. 2010: High performance ceramic carbon electrode-based anodes for use in the Cu-Cl thermochemical cycle for hydrogen production, International Journal of Hydrogen Energy, vol.35; p. 1001-1007.
2. Z. Wang, R.R. Roberts, G.F. Naterer, K.S. Gabriel. 2012: Comparison of thermochemical, electrolytic, photo electrolytic and photochemical solar-to-hydrogen production technologies, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 37; p. 16287-16301.
3. M. Smitkova, F. Janicek, J. Riccardi. 2011: Life cycle analysis of processes for hydrogen production, International Journal of Hydrogen Energy, vol.36; p. 7844-7851.
4. O. Bicakova, P. Straka. 2012: Production of hydrogen from renewable resources and its effectiveness, International Journal of Hydrogen Energy, vol.37; p. 11563-11578.

## Division de recherche Hydrogène - Energie Renouvelable du CDER

Le potentiel de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique est mondialement reconnu. A cette fin, des projets de R&D et des feuilles de routes pour une transition réussie vers une économie d'hydrogène ont été mis au point.

Les missions de la division sont la maîtrise, la recherche et le développement des technologies de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique. Elles sont aussi le transfert des technologies vers le monde professionnel et l'innovation.

Les procédés électrochimiques en combinaison avec les énergies renouvelables offrent le potentiel de produire l'hydrogène d'une façon visible. La division hydrogène s'est tracée comme objectif de développer ces procédés prometteurs.

### Affiliation

Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER

### Coordonnées

BP. 62 Route de l'Observatoire Bouzareah  
16340 Alger, Algérie

Tél : +213 (0)21901503 / +213 (0)21901446

Fax : +213 (0)21901560 / +213 (0)21901654

Site web : <http://www.cder.dz>

### Contact

DR. Abdellah Khellaf

Directeur de Division

[a.khellaf@cder.dz](mailto:a.khellaf@cder.dz)