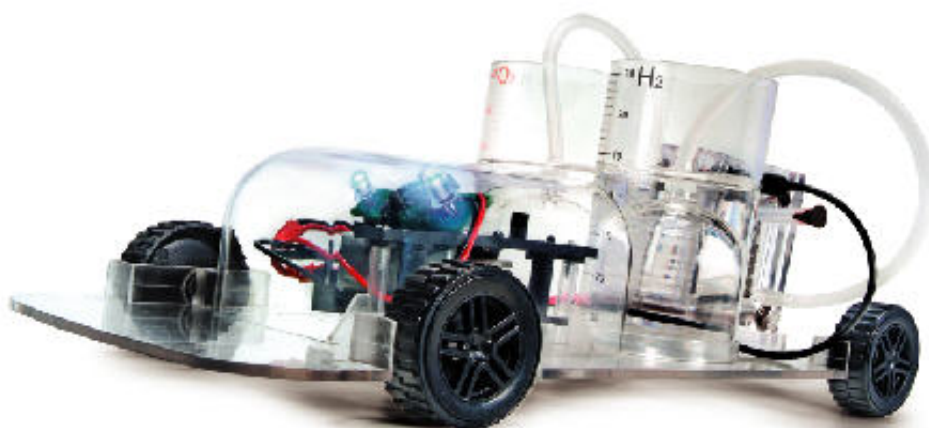


## Manuel de l'utilisateur



Pour enfant de plus de 12 ans

**KIT DE SCIENCE – VOITURE A PILE A COMBUSTIBLE**

Powered by  
**Horizon**

**CE**

Modèle n °: FCJJ-11

### **Avertissement**

Afin d'éviter tout risque de dégâts matériels ou de blessures graves :

Ce kit est destiné uniquement à être utilisés par des personnes de 12 ans et plus, et uniquement sous la supervision d'adultes qui ont lu et compris les instructions fournies dans le manuel utilisateur de ce kit. Gardez les jeunes enfants et les animaux éloignés car ce kit contient de petites pièces qui pourraient être avalées. La pile à combustible génère des gaz qui sont très inflammable. Ne pas utiliser le réservoir d'hydrogène pour toute autre utilisation. Lisez attentivement les instructions avant l'utilisation et comme référence.

# Manuel de l'utilisateur

## Table des matières:

1. Introduction sur la pile à combustible d'hydrogène .....	p1
2. Les instructions générales de sécurité .....	p5
3. Liste des composants .....	p6
4. Assemblage du kit de voiture .....	p7
5. L'électrolyse: créer de l'Hydrogène à partir de l'eau .....	p10
6. Utiliser la voiture à pile à combustible .....	p15
7. Rangement optimal de la voiture à pile à combustible .....	p16
8. Conseils pour une utilisation optimale .....	p17
9. Dépannage .....	p19

## 1. Introduction aux piles à combustibles.

### a) Pourquoi l'Hydrogène ?

Notre civilisation consomme les carburants fossiles 100.000 fois plus rapidement que ceux-ci ne viennent à approvisionner les réserves énergétiques, ce qui soulève donc des questions concernant l'état des nos réserves et leur capacité à satisfaire la demande globale d'énergie de plus en plus croissante. Vu les incertitudes géopolitiques touchant les pays producteurs de pétrole et l'insuffisance des capacités de raffinage, l'économie mondiale subit une pression considérable. Le pétrole étant essentiel à la préservation du bien-être de nations, développer de nouvelles technologies pouvant réduire notre dépendance aux importations de pétrole devient donc stratégique. Les inquiétudes de sécurité nationale poussent les scientifiques du monde entier à mettre au point de nouvelles solutions technologiques, telles que les piles à combustible à hydrogène.

Un enjeu encore plus important concerne la consommation de pétrole. Les combustibles fossiles contiennent du carbone et en utilisant de l'essence comme carburant, nous générons une pollution toxique d'ampleur considérable, notamment dans nos régions urbaines et contribuons à l'émission dans l'atmosphère de quantités énormes de dioxyde de carbone. En effet, l'accumulation de dioxyde de carbone est la cause de l'effet de serre et du réchauffement planétaire. Depuis plus d'un siècle, l'homme a brûlé des quantités considérables de combustibles à base de carbone, ce qui a déclenché le réchauffement atmosphérique. A l'heure actuelle, le réchauffement climatique se manifeste par des tempêtes d'une violence sans précédent, le phénomène de désertification, la fonte des calottes polaires et des glaciers, les variations des courants marins et la montée du niveau océanique.

L'on commence tout juste à percevoir ces effets à long terme.

En effet, l'hydrogène est l'élément le plus abondant dans notre univers et contient le plus d'énergie par unité de poids. Ce carburant sans carbone peut être produit de façon habituelle ou en utilisant des sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie solaire ou éolienne. Une fois capturé, l'hydrogène peut être reconverti en énergie utilisable dans de nombreuses applications, y compris les voitures. Cela signifie que chaque jour notre carburant peut être produit localement, et dans des quantités illimitées. Quand il est consommé dans la pile à combustible, le résultat est de l'électricité et de l'eau. Cette eau peut ensuite être utilisée pour produire de l'hydrogène et de l'oxygène, ce qui rend le cycle continu et naturel, sans émissions toxiques. Il y a de nombreux défis à faire pour que cela devienne une réalité, mais ce soit qu'une question de temps ... .. et d'ingéniosité de l'homme!

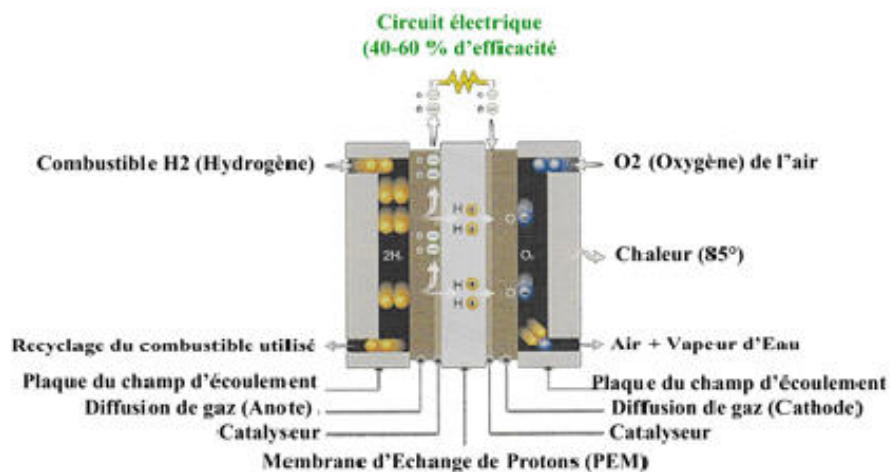


Partout dans le monde, plusieurs "Autoroute d'hydrogène" sont en cours d'élaboration et plus de 200 stations de ravitaillement en hydrogène ont déjà été construites pour servir les premières voitures à pile à combustible.

2

### B. Qu'est-ce qu'une pile à combustible et comment fonctionne-t-elle?

Une pile à combustible est un dispositif qui peut convertir l'hydrogène en énergie électrique utilisable. La pile à combustible est un assemblage de couches de matériaux avancés où l'hydrogène et l'oxygène réagissent entre eux pour produire de l'électricité et l'eau, sans aucune combustion.



3

L'intérêt sérieux pour les piles à combustible n'a pas commencé avant les années 1960, quand elles ont été utilisées pour que comme centrales électriques pour les premières missions humaines sur la lune. Bien que les piles à combustible fournissent encore aujourd'hui de l'électricité et l'eau pour les missions spatiales, cette technologie unique est maintenant en vue pour promouvoir une transition mondiale vers les sources d'énergie renouvelables. Les voitures à pile à combustible utilisant l'hydrogène comme combustible sont appelés "véhicules à zéro émission". Si les voitures à piles à combustible utilisent de l'hydrogène produit par des sources d'énergie renouvelables telles que l'énergie solaire ou éolienne, notre alimentation en carburant serait illimitée - et la consommation d'hydrogène par le biais de piles à combustible ne crée pas de déchets, ni de pollution de l'air.

Le kit de science de voiture à pile à combustible utilise une pile à combustible réversible à Membrane d'Echange de Proton (PEM) (Voir la section 3 dans la liste des composants -Pièce E).

Elle génère de l'énergie électrique en consommant l'hydrogène du cylindre de stockage d'hydrogène situé sur la voiture (Voir la section 3 dans la liste des composants – Pièce H)qui réagit avec l'oxygène, qui est aussi créée et stockée sur la voiture.

## 2. Instructions générales de sécurité

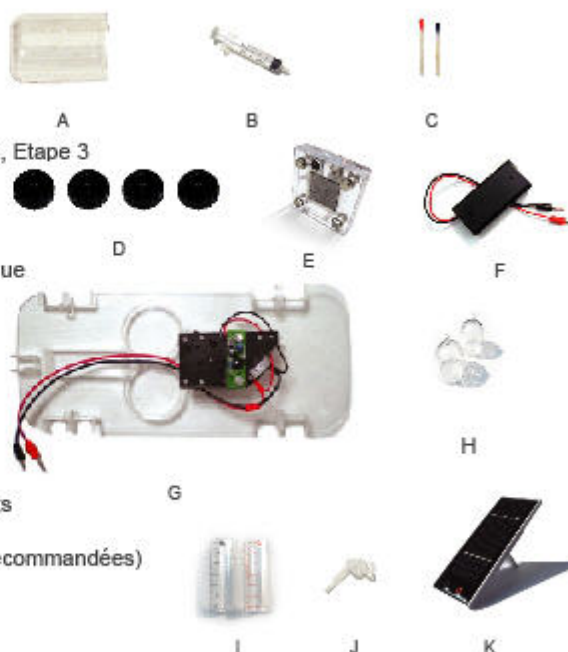
**Pour éviter le risque de dommages matériels et des blessures graves:**

1. Lire attentivement et comprendre convenablement les instructions avant de commencer le montage de ce kit.
2. Ce kit est destiné uniquement à être utilisé par des personnes de 12 ans et plus, et uniquement sous la surveillance d'adultes qui ont lu et compris les instructions de ce manuel de l'utilisateur.
3. Lors du montage, des outils doivent être utilisés. Des précautions supplémentaires doivent être prises pour éviter des blessures personnelles.
4. Certaines pièces sont petites et fragiles: s'il vous plaît soyez prudent lors de la manipulation et de la connexion afin d'éviter une rupture. Manipuler toutes les pièces et les composants avec soin.
5. Ne pas essayer d'utiliser une partie, un élément ou un composant fourni dans ce kit pour d'autres fins que ceux indiqués dans ce manuel. Ne tentez pas de démonter une partie quelconque, ou un des composants dans ce kit.
6. Déconnectez la batterie lors d'une non utilisation. Quand la batterie est connectée, évitez les courts-circuits. Retirez la batterie après utilisation ou lors du rangement de la voiture.
7. Retirer toute l'eau, l'hydrogène et l'oxygène de chaque composant après utilisation.



### 3. Liste des composants

- A. Couvercle du moteur
- B. Seringue
- C. Petits tuyaux de caoutchouc. (Voir Chapitre 4, Etape 3)
- D. Roues
- E. Pile à combustible
- F. Alimentation électrique
- G. Châssis avec lumière LED et moteur électrique
- H. Cylindres intérieurs
- I. Cylindres extérieurs
- J. Longs tuyaux de caoutchouc.  
(Voir Chapitre 4, Etape 3)
- K. Panneau solaire



Vous aurez aussi besoin des 3 éléments suivants

(non inclus dans ce kit):

- 2 Piles AA (les piles alcalines sont fortement recommandées)
- Ciseaux
- 100 ml d'eau distillée \*

\* L'eau distillée est hautement recommandée pour une utilisation optimale.

\* Vous pouvez acheter le panneau solaire: <http://www.horizonfuelcell.fr>

6

### 4. Assemblage de la voiture

#### Étape 1:

Pressez chaque roue (D) dans les axes situés sur les côtés du châssis de la voiture (G) jusqu'à ce que vous entendiez un bruit de blocage de la roue sur son axe.

#### Étape 2:

Placez le couvercle du moteur (A) au dessus du moteur électrique situé sur le châssis (G).

#### Étape 3:

Utilisez les ciseaux pour couper 2 longueurs de 4 centimètres provenant du long tuyau de caoutchouc livré dans le kit. Placez le bouchon de fermeture rouge dans un des tubes de caoutchouc de 4 cm, et le bouchon de fermeture noire dans l'autre morceau de tube de 4 cm. Ces petits tuyaux de caoutchouc font maintenant partie de votre kit de voiture (C). Coupez le reste du tuyau de caoutchouc en 2 parties égales. Ces 2 parties plus longues seront utilisées pour former la partie (J) de votre kit.

#### Étape 4:

Attachez le petit tuyau de caoutchouc (C) avec le bouchon de fermeture noire à la buse supérieure du côté hydrogène de la pile à combustible (marquée H2). Attachez l'autre petit tuyau de caoutchouc (C) avec le bouchon de fermeture rouge sur la buse supérieure du côté oxygène de la pile à combustible (marquée O2).

#### Étape 5:

Insérez la pile à combustible (E) avec les petits tubes de caoutchouc (C) dans la partie rectangulaire sur le châssis (G). Soyez sûr que les petits tubes de caoutchouc (C) attachés à la pile à combustible (E) ne sont pas en train de toucher les roues.

7



**Étape 6:**

Insérez les cylindres extérieurs de stockage d'hydrogène et d'oxygène (I) dans les parties circulaires localisées sur le châssis (G). Remplissez les cylindres avec de l'eau distillée jusqu'à la ligne marquée zéro et ce pour chacun des 2 cylindres extérieurs de stockage (I).

Insérez les cylindres intérieurs (H) dans les cylindres extérieurs (I) de manière à ce que les cylindres intérieurs (H) soient remplis d'eau. Il y a deux encoches au bas de chaque cylindre intérieur (H). Ces ouvertures autorisent les gaz de s'échapper des cylindres intérieurs (H) vers les cylindres extérieurs (I) pour limiter la quantité de gaz stockée. Soyez sûr que ces encoches ne sont pas bloquées par la partie plastique tenant les cylindres intérieurs. Poussez sur le dessus des cylindres intérieurs (H) pour être sûr qu'ils s'insèrent fermement sur la jante en plastique située au bas des cylindres de stockage extérieurs (I).

**Étape 7:**

Attachez les longs tuyaux de caoutchouc (J) au sommet des cylindres intérieurs (H). Attachez le long tuyau venant du cylindre de stockage d'hydrogène à la buse inférieure du côté hydrogène de la pile à combustible. Attachez le long tuyau en caoutchouc venant du cylindre de stockage de l'oxygène à la buse inférieure du côté oxygène de la pile à combustible.

**8****Étape 8:**

Une bonne conductivité ionique est critique pour les performances de la pile à combustible. De façon à assurer une bonne conductivité, la membrane de la pile à combustible a besoin d'être parfaitement humidifiée.

Pour humidifier la cellule à combustible, suivez la procédure suivante :

Utilisez la seringue (B) pour aspirer l'eau distillée (à acheter séparément) dans la seringue. Quant la seringue est remplie d'eau distillée, placez la pointe de l'aiguille dans la buse supérieure sur le côté oxygène de la pile à combustible (E) et injecter l'eau dans la partie oxygène de la pile à combustible (marqué O<sub>2</sub>) jusqu'à ce que vous voyez l'eau vous voyez l'eau passant par la chambre en face de l'écran et à la sortie de la buse inférieure. Laissez la pile à combustible 5 à 10 minutes afin qu'elle soit entièrement humidifiée.

**9**

## 5. Electrolyse : créer de l'Hydrogène à partir de l'eau

L'électrolyse est l'utilisation de l'énergie électrique pour produire un changement chimique. Quand un courant électrique est appliqué dans de l'eau, le courant casse la liaison chimique entre l'hydrogène et l'oxygène et créent des particules chargées appelées ions. Dans ce cas, des ions d'hydrogène de charge positive et des ions de charge négative sont formés. Un électrolyseur a 2 électrodes où les ions sont formés. Une électrode est appelée l'anode, est positivement chargée et attire les ions chargés négativement. L'autre électrode est appelée cathode et attire les ions d'hydrogène chargés positivement.

Les piles à combustible réversible peuvent effectuer une électrolyse. Dans une pile à combustible, l'électrolyte est une part de la membrane, elle effectuera l'électrolyse en produisant de l'hydrogène sur la cathode et de l'oxygène sur l'anode.

**Note :** Suivez les prochaines instructions après avoir complétés toutes les étapes du Chapitre 4 « Assemblage de la voiture ». Soyez sûre que la pile à combustible a bien été humidifiée en injectant de l'eau au moyen de la seringue avant de procéder à une électrolyse.

10



**Attention :** en utilisant de l'eau non distillée, vous allez endommager les électrodes de la pile à combustible. Celle-ci utilise des nanotechnologies ou du carbone supporté de platine comme catalyseur, et ses particules sont très sensibles aux impuretés se trouvant dans de l'eau non distillée.

Pour les besoins de ce kit de science, une eau de boisson de haute qualité ou de l'eau du robinet faible en minéraux peut être aussi utilisée –néanmoins l'utilisation de ce kit sera inévitablement raccourcie.

La pile à combustible doit être SEULEMENT humidifiée à travers le côté O2 et PAS à travers le côté H2; en cas d'erreur cela aura comme résultat de bloquer le flux d'hydrogène.

### Étape 1:

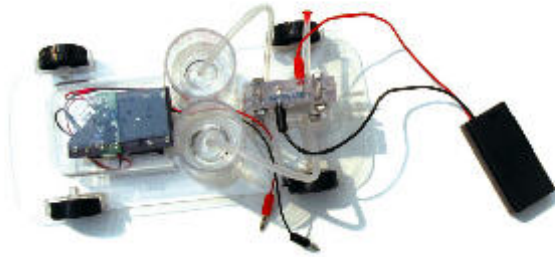
Assurez-vous que l'alimentation électrique (F) est bien sur le mode « OFF ». Insérez 2 nouvelles piles de type AA dans le bloc d'alimentation électrique (F) fournie dans ce kit. Ne pas utiliser d'autres types de bloc d'alimentation électrique-il a été spécialement développée pour cette pile à combustible réversible.

### Étape 2:

Soyez très prudent pour insérer le fil rouge du bloc d'alimentation électrique dans le connecteur rouge (côté oxygène) de la pile à combustible, et le fil noire du bloc d'alimentation électrique dans le connecteur noire (côté hydrogène)de la pile à combustible. La pile à combustible peut être complètement détruite si l'alimentation électrique n'est pas correctement connectée.

11



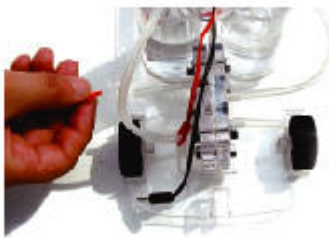


### Étape 3:

Mettez l'interrupteur du bloc d'alimentation sur la position « ON » pour démarrer l'électrolyse. Vous connaîtrez quand les gaz d'hydrogène et d'oxygène seront produits lorsque l'eau est déplacée vers le dessus des cylindres de stockage d'eau. Vous pourrez aussi mesurer le gaz produit en mesurant l'espace libre augmentant graduellement au sommet du cylindre intérieur (cela prend approximativement 5 minutes). Quand le cylindre intérieur d'hydrogène est rempli de gaz d'hydrogène, vous commencerez à voir des bulles sortant du cylindre intérieur vers le cylindre extérieur. L'électrolyse est complète quand l'eau dans les cylindres intérieurs est complètement déplacée avec un rapport 2:1 (2 parties d'hydrogène, 1 partie d'oxygène). Le cylindre avec le plus de gaz est le cylindre d'hydrogène.



12



### Étape 4:

La première fois que vous réaliserez une électrolyse de l'eau, il est possible que vous n'arriviez pas à un résultat optimal de production d'hydrogène et d'oxygène avec un rapport de 2 : 1. Pour optimiser la production d'hydrogène, vous aurez besoin de suivre les points suivants :

- Mettez la source d'alimentation électrique sur « OFF ».
- Retirez les bouchons de fermeture rouge et noire des petits tubes de caoutchouc connectés sur la pile à combustible afin de faire échapper l'hydrogène.
- Après 2 secondes, remettez rapidement les bouchons de fermeture sur les petits tubes de caoutchouc.
- Vous aurez besoin de compléter cette procédure pour retirer l'entièreté des gaz présent à l'intérieur de la pile à combustible. Alors recommencer les étapes 2 et 3.

### Étape 5:

Quand vous voyez des bulles provenant du cylindre d'hydrogène, commuttez l'interrupteur du bloc d'alimentation électrique sur la position « OFF ».

13



## ENERGIE RENOUVELABLE - OPTION : Panneau solaire

Mettre Pour en savoir plus sur les éléments constitutifs de l'« Economie de l'Hydrogène », nous recommandons l'utilisation d'une source d'énergie renouvelable pour commencer à produire de l'hydrogène. Suivez les instructions ci-dessous pour vous permettent de connecter un panneau solaire à la pile à combustible et créer ainsi gratuitement de l'énergie du soleil.

- Insérez la fiche banane rouge du cordon dans le connecteur pour la banane rouge du panneau solaire et à l'autre extrémité du cordon la fiche banane rouge dans le connecteur rouge sur la pile à combustible.
- Insérez la fiche banane noire du cordon dans le connecteur pour la banane noire du panneau solaire et à l'autre extrémité du cordon la fiche banane noire dans le connecteur noir sur la pile à combustible.



Placez le panneau solaire dans la lumière directe du soleil. Avec une forte lumière du soleil, vous pourrez voir la production d'hydrogène et d'oxygène dans les cylindres intérieurs. Cela prendra approximativement entre 5 à 10 minutes pour remplir le cylindre intérieur d'hydrogène.

Vous pouvez également placez le panneau solaire sous un éclairage artificiel (lampe électrique) dans le cas où vous n'auriez pas une visibilité directe vers le soleil.

14

## 6. Fonctionnement de la voiture à pile à Combustible d'Hydrogène

Une fois que vous aurez terminé d'assembler la voiture comme décrit dans le « Chapitre 4 : Assemblage de la voiture » et complété l'électrolyse comme expliqué dans le « Chapitre 5 : Electrolyse : créer de l'Hydrogène à partir de l'eau », vous pouvez faire rouler votre voiture à pile à combustible à hydrogène.

**Étape 1:** Déconnecter la source d'alimentation électrique de la pile à combustible. Si vous utilisez un panneau solaire, déconnecter le de la pile à combustible.

**Étape 2:** Vérifier que les tuyaux caoutchoucs ne touchent pas les roues arrière.

**Étape 3:** Tenez l'avant de la voiture de sorte que le moteur ne touche pas le sol. Branchez les cordons électriques rouge et noir du moteur de la voiture dans les connecteurs rouge et noir de la pile à combustible. (Respectez bien les couleurs). Placez la voiture sur une surface plate et lisse et regarder ! Les deux diodes électroluminescentes bleues sur le devant du moteur se mettent à clignoter. La voiture roulera de façon autonome et évitera n'importe quel obstacle, et vous la verrez tourner ou reculez jusqu'à ce qu'elle trouve un chemin devant elle sans obstacle. La voiture continuera à rouler jusqu'à ce que tous les gaz d'hydrogène stockés dans le cylindre intérieur soient consommés.



15

## 7. Rangement de votre voiture

Quant vous avez fini d'utiliser votre kit de science de voiture à pile à combustible, retirez l'excès d'eau de la pile à combustible. Il est fortement recommandé de ranger votre pile à combustible dans un sachet plastic avec fermeture (Ziploc) pour l'aider à rester humidifiée. Retirez les piles du bloc d'alimentation électrique. Si vous utilisez le panneau solaire, déconnectez-le avant de le ranger.



16

## 8. Conseils pour un fonctionnement optimal

1. Assurez-vous que vous utilisez de l'eau distillée. Toute autre eau contenant des substances et des minéraux qui peuvent contaminer et détruire la pile à combustible. Si vous remarquez que la pile à combustible commence à rouiller - cela signifie que l'eau appropriée (eau distillée) n'a pas été utilisée pour vos expériences.
2. Utilisez pour le bloc d'alimentation électrique fourni : 2 piles AA et de préférence des piles alcalines.
3. Assurez-vous que la pile à combustible est bien humidifiée avant toute opération d'électrolyse par le remplissage d'eau en utilisant la seringue.
4. Vous aurez un rendement maximal lorsque tout le procédé d'électrolyse est répété de trois à quatre fois. Cela est dû à l'augmentation de l'hydratation de la membrane PEM dans la pile à combustible après une utilisation répétée. La température optimale: 20 ° C à- 30 ° C. Assurez-vous que le réservoir est rempli avec de l'eau distillée jusque la marque zéro sur les cylindres extérieurs avant de procéder à l'électrolyse.
5. Veiller à ce que les petites sorties sur les cylindres intérieurs ne sont pas bloqués par le bord en plastique sur le bas du cylindre extérieur. L'hydrogène et l'oxygène sont plus légers que l'eau aussi ils vont vers le sommet du tube intérieur, en déplaçant l'eau. Si ces petits trous sont bloqués, trop de pression s'accumulera à l'intérieur de la pile à combustible, ce qui causera des dommages.
6. Lorsque vous faites fonctionner la pile à combustible à plusieurs reprises, de l'eau dans la partie

17

7. La pile à combustible laissée à l'air libre est très sensible aux composés organiques volatils, qui influent sur les performances de la pile à combustible. Alors, quand vous avez fini d'utiliser le kit, il vous est hautement recommandé de placer la pile à combustible à l'abri de l'air dans un sac de plastic à fermeture (sac Ziploc). Afin de protéger la pile à combustible lorsque vous n'utilisez pas le kit de voiture à pile à combustible.

8. Quand vous utilisez un panneau solaire, le courant de sortie de celui-ci ne doit pas être supérieur à 0,7 Ampère et la tension de sortie ne doit pas être supérieure à 2 Volts. Un panneau solaire ayant un courant ou une tension supérieure peut endommager la pile à combustible.

9. La pile à combustible peut être complètement endommagée si le cordon rouge du bloc d'alimentation est connecté sur le connecteur noir de la pile à combustible.

10. Vérifiez que la pile à combustible a bien été humidifiée en injectant de l'eau avec la seringue avant de procéder à une électrolyse. Laisser l'eau à l'intérieur de la pile à combustible entre 5 à 15 minutes pour l'humidifier complètement.

1. Les niveaux d'eau ne tombent pas quand les tuyaux de sortie des gaz sont débranchés des deux côtés de la pile à combustible.

Solution: Vérifiez que les trous sur la paroi du cylindre intérieur sont bloqués. Si tel est le cas, tournez le cylindre intérieur jusqu'à ce que l'eau pénètre dans les trous et de remplissez le cylindre intérieur.

2. L'électrolyseur ne produit pas de l'hydrogène et / ou de l'oxygène.

Solution:

- Vérifiez si les cordons sont correctement connectés, et s'il y a des mauvaises connexions. La pile à combustible pourrait être complètement détruite si le fil rouge de la batterie est connecté au connecteur noir de la pile à combustible.
- Vérifier si l'interrupteur du bloc d'alimentation est bien sur la position « ON »

3. Le processus d'électrolyse de l'eau ralentit.

Solution:

- Injecter l'eau du côté oxygène de la pile à combustible en utilisant la seringue et attendez environ 5 minutes.
- Remplacer les anciennes piles AA par des nouvelles dans le bloc d'alimentation électrique

4. La voiture s'arrête de rouler alors qu'il y a de l'hydrogène dans les cylindres de stockage.

Solution:

- Purger les gaz et procéder à une électrolyse pendant 4-5 minutes. Retirer les tuyaux de caoutchouc pour purger l'hydrogène et l'oxygène. Procéder à une nouvelle électrolyse jusqu'à ce que le réservoir d'hydrogène soit rempli, et connecter le moteur électrique sur la pile à combustible. Si le problème persiste, aller au point suivant.
- Laisser l'électrolyse de l'eau pendant 10 minutes pour consommer l'eau résiduelle. Pour retirer l'eau de la pile à combustible, purger les gaz. Procéder à une nouvelle électrolyse jusqu'à ce que le cylindre d'hydrogène soit rempli, alors connecter le moteur sur la pile à combustible.



Bienvenue dans l'ère de l'Hydrogène !

