

# Kit Scientifique Pile à Combustible à l'Éthanol

## NOTICE D'ASSEMBLAGE



Modèle No : FCJJ-42

### ⚠ Avertissement

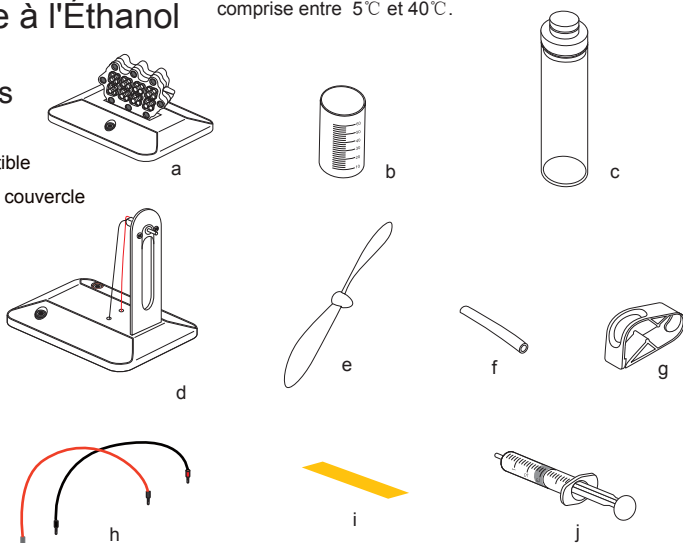
Afin d'éviter tout risque de dommage matériel, blessure grave ou décès :

1. L'utilisation de ce kit est réservée aux personnes de 14 ans et plus, et ce uniquement sous la surveillance d'adultes familiarisés avec les consignes de sécurité décrites dans le présent kit.
2. Veillez à lire attentivement et à bien comprendre les instructions avant l'assemblage de ce kit.
3. Ce kit contient de petites pièces pouvant être avalées ; tenez-le hors de portée des jeunes enfants et des animaux.

### Kit Scientifique Pile à Combustible à l'Éthanol

#### Liste des composants

- a. Module pile à combustible
- b. Cylindre pour solution combustible
- c. Réservoir de combustible avec couvercle
- d. Module ventilateur
- e. Hélice
- f. Tube en silicone
- g. Clapet de serrage
- h. Câbles électriques
- i. Papier pH
- j. Seringue



Prévoyez en supplément (non inclus dans ce kit) :

- Eau purifiée ou distillée
- Ethanol
- Ciseaux

4. L'assemblage de ce kit peut nécessiter des outils. Veuillez prendre des précautions supplémentaires afin d'éviter tout dommage corporel.
5. Certaines pièces sont petites et fragiles : veillez à les manipuler et à les assembler avec précaution pour éviter leur détérioration. Manipulez toutes les pièces et tous les composants avec précaution.
6. N'essayez pas d'utiliser les pièces, éléments, ou composants fournis dans ce kit à des fins autres que celles décrites dans le présent manuel. N'essayez de démonter aucune pièce, ni aucun élément ou composant de ce kit.
7. Ne tentez d'ingérer ou de boire aucun des liquides, ni avant ni après leur utilisation aux fins d'expérimentation du présent kit.
8. Tenez l'éthanol à l'écart de toute flamme ou source d'ignition durant la préparation du mélange. Il est strictement interdit d'enflammer l'éthanol pur ou en solution.
9. Il est recommandé d'utiliser ce kit à une température comprise entre 5°C et 40°C.

#### Préparation d'une solution d'éthanol à 10 % :

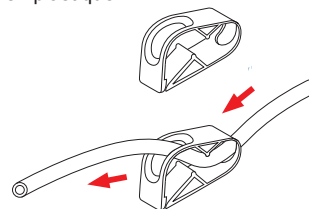
**AVERTISSEMENT :**  
**NE PAS réaliser le mélange de la solution combustible directement dans le réservoir de combustible (c), sous peine d'endommager celui-ci.**

Ne pas introduire d'éthanol pur dans le cylindre pour combustible (b). La pile à combustible directe à l'éthanol (DEFC) produit de l'énergie à partir d'une solution comprise entre 5 et 15 % d'alcool seulement. Une concentration supérieure à 15 % pourrait endommager la pile à combustible et provoquer l'arrêt de son fonctionnement. Pour atteindre les meilleures performances, utiliser un mélange à 10 % d'éthanol et 90 % d'eau purifiée ou distillée. Tenir l'éthanol à l'écart de toute flamme ou source d'ignition durant la préparation du mélange. Il est strictement interdit d'enflammer l'éthanol pur ou en solution.

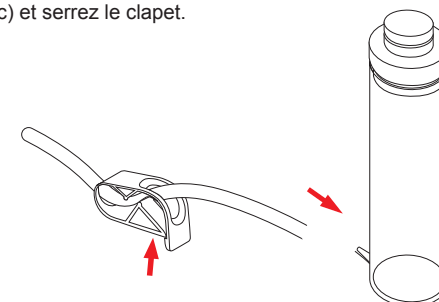
- Étape 1 : Remplissez le cylindre de solution combustible (b) avec 10 ml d'éthanol pur (jusqu'à la graduation 10 ml).
- Étape 2 : Complétez à 60 ml avec de l'eau.
- Étape 3 : Agitez pour homogénéiser la solution dans le cylindre.

#### Expérience 1 : Produire de l'électricité à partir d'éthanol et d'eau

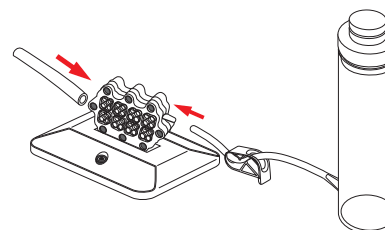
**Étape 1 :** Coupez un tube d'une longueur de 15 cm et introduisez-le dans le clapet de serrage en plastique.



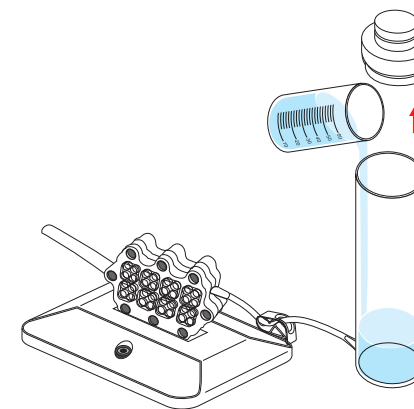
**Étape 2 :** Raccordez le tube au réservoir de combustible (c) et serrez le clapet.



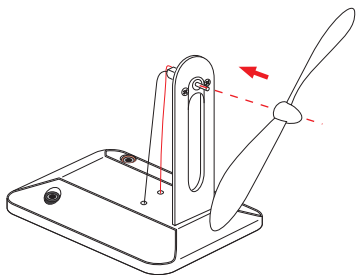
**Étape 3 :** Raccordez l'autre extrémité du tube à la buse d'injection la plus basse de la pile à combustible. Assurez-vous que le raccord est bien serré. Coupez un tube d'une longueur de 10 cm et raccordez-le en sortie de la pile à combustible (buse restante).



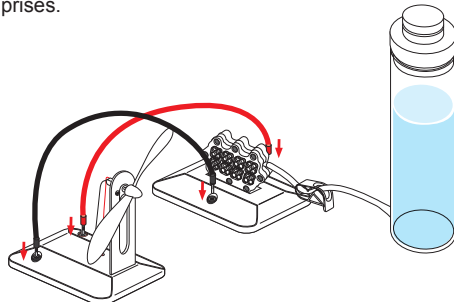
**Étape 4 :** Versez la solution combustible dans le réservoir de combustible (c). Fermez le réservoir avec le bouchon.



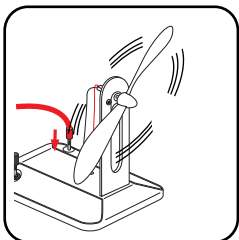
**Étape 5 :** Sortez l'hélice de la boîte. Enfoncez doucement et délicatement l'hélice sur l'axe du moteur.



**Étape 6 :** Raccordez le module pile à combustible au module ventilateur. Assurez-vous de respecter le code couleur en connectant les câbles dans les prises.



**Étape 7 :** Desserrez le clapet. Vous constatez que la solution s'écoule dans la pile à combustible via le tube. Une fois que vous avez vu le liquide s'écouler, resserrez le clapet. Attendez 5-10 minutes, et vous verrez le ventilateur se mettre en marche.

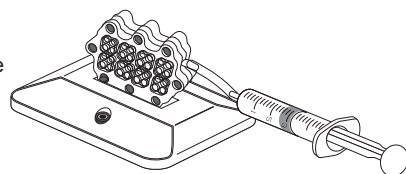


Remarque : Une fois que le ventilateur s'arrête, desserrez le clapet pour purger un peu de solution de la pile à combustible. Attendez 5-10 minutes, câble du module ventilateur débranché ; celui-ci se remettra en marche une fois raccordé. Veillez à répéter cet intervalle de 5-10 minutes après chaque purge. La réaction étant lente, le ventilateur peut fonctionner jusqu'à plusieurs heures durant, sans qu'une purge soit nécessaire.

#### REMARQUES IMPORTANTES :

Après la première utilisation de la pile à combustible, coupez sur le tube restant une longueur de 2 cm que vous raccorderez à la seringue. Vous l'utiliserez pour nettoyer le système après chaque utilisation.

Pour ce faire, remplissez la seringue d'eau purifiée. Otez ensuite le tube d'injection du combustible et remplacez-le par le tube raccordé à la seringue. Injectez l'eau de la seringue dans la chambre de la pile à combustible pour chasser la solution d'éthanol (pas méthanol) du système. Retirez la seringue et remplissez-la avec de l'air. Raccordez-la de nouveau et injectez l'air dans le système afin de purger totalement l'eau résiduelle. La pile à combustible peut être rangée jusqu'à la prochaine utilisation.



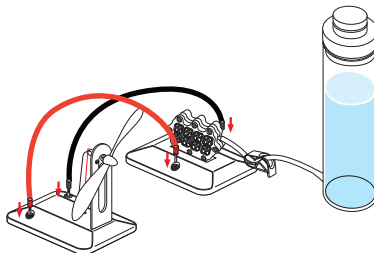
#### Expérience 2 : Étudier la polarité

**Étape 1 :** Raccordez le câble rouge aux prises rouges de la pile à combustible et du module ventilateur.

Vous constaterez que le ventilateur tourne dans le sens horaire.

**Étape 2 :** Répétez l'opération, mais cette fois-ci en raccordant la prise rouge du module ventilateur à la prise noire de la pile à combustible. Vous constaterez que le ventilateur tourne dans le sens antihoraire.

Conclusion : Le courant circule du pôle positif au pôle négatif, faisant tourner l'hélice du ventilateur dans le sens horaire. Avec l'inversion de polarité des branchements, le courant circule en sens inverse et fait tourner l'hélice du ventilateur dans l'autre sens.



#### Expérience 3 : Consommation de combustible éthanol

Lorsque l'hélice du ventilateur commence à tourner moins rapidement ou s'arrête totalement, cela signifie que l'éthanol présent dans la chambre de la pile à combustible est presque totalement consommé. En conditions normales de température, la majeure partie de l'éthanol présent dans la chambre de la pile à combustible est transformée en acide acétique, composant principal du vinaigre.

Étudions le produit de dégradation de l'éthanol (acide acétique) lorsque l'hélice commence à tourner lentement.

**Étape 1 :** Glissez un morceau de papier pH sous l'extrémité du tube en sortie de pile.

**Étape 2 :** Desserrez doucement le clapet, et laissez quelques gouttes de solution tomber sur le papier pH, avant de ressermer le clapet. Vous pouvez observer que la couleur du papier pH vire rapidement au rouge.

**Étape 3 :** Plongez un nouveau morceau de papier pH dans le cylindre de solution combustible. Vous noterez que la couleur du papier pH vire très peu.

La différence de coloration du papier pH indique un changement du taux d'acidité. Au cours de la réaction qui se déroule à l'anode de la pile à combustible, l'éthanol se transforme en acide acétique, et le pH de la solution varie sensiblement, de pH 6 à pH 2, d'où la couleur rouge observée. La réaction chimique qui se déroule à l'anode révèle que de l'acide acétique se forme suite au départ des protons hydrogène des molécules d'éthanol et d'eau. Ces protons hydrogènes traversent la membrane échangeuse de la pile à combustible, et les électrons libérés génèrent un courant électrique capable d'entraîner le ventilateur.

Conclusion : La pile à combustible directe à l'éthanol produit de l'électricité par une réaction chimique transformant une solution d'éthanol en une solution acide, proche du vinaigre. Pour obtenir un fonctionnement en continu du ventilateur, il faut constamment remplacer le combustible épuisé par un nouvel apport de combustible.

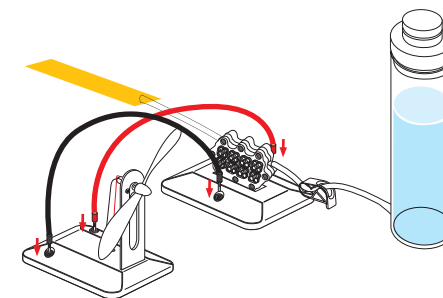
#### Expérience 4 : Étudier l'effet des variations de concentration en combustible

Vous pouvez faire varier la concentration de combustible éthanol dans le mélange initial. Pour une solution à 15 %, utilisez 9 ml d'éthanol pur et complétez à 60 ml avec de l'eau. Vous pouvez mesurer la différence de tension produite par la pile à combustible au moyen d'un multimètre ou grâce au Moniteur Énergie Horizon (réf. produit FCJJ-24). Expérimentalement, vous vérifierez que l'augmentation ou la diminution de concentration en éthanol ne fait pas marcher le ventilateur sensiblement plus vite.

La raison est due à la capacité limitée du catalyseur déposé sur la membrane échangeuse de protons de la pile à combustible. Pour faire un rapprochement, en prenant l'exemple de personnes s'engouffrant par une porte étroite, la vitesse à laquelle ils passent la porte est déterminée par la largeur de la porte, et non par le nombre de personnes.

Avertissement : Vous pouvez utiliser ce kit en toute sécurité pour une concentration en éthanol comprise entre 5 et 15 %. Veillez à ce que la concentration n'excède pas 15-20 %, sous peine d'endommager définitivement la pile à combustible.

Conseil : Si vous prévoyez, durant plus d'un jour, de ne pas utiliser le kit, desserrez d'abord le clapet afin de purger toute la solution de la pile à combustible et versez de l'eau purifiée ou distillée dans le réservoir de combustible. Assurez-vous que toute l'eau purifiée ou distillée s'écoule bien du réservoir de combustible. Ne laissez pas de solution dans la pile à combustible, cela l'endommagerait.



### Expérience 5 : Produire de l'électricité avec du vin ou de la bière

A la place de la solution éthanol/eau, essayez avec différents alcools comme le vin ou l'alcool de riz. Suivez les étapes de l'expérience 1 : produire de l'électricité à partir d'éthanol et d'eau.

#### AVERTISSEMENT :

1. La concentration en alcool doit toujours être comprise entre 5 et 15 %. Si vous utilisez un alcool dont la concentration est supérieure à 20 %, mélangez-le avec la quantité d'eau adéquate pour atteindre une concentration comprise entre 5 et 15 %.
2. L'utilisation d'éthanol non purifié peut dégrader les performances de la pile à combustible. Vous pouvez réaliser vos expériences en utilisant de l'éthanol non purifié une fois que vous aurez réalisé toutes les autres expériences avec de l'éthanol pur.

Après avoir suivi toutes les étapes décrites dans l'expérience 1, vous constaterez peut-être que l'hélice du ventilateur tourne très lentement, voire pas du tout. L'utilisation d'alcools de qualités différentes peut modifier les performances. Ceci est en lien avec la pureté de la solution, certains alcools tels que le vin contenant des éléments susceptibles de colmater la membrane de la pile à combustible, réduisant ainsi sa perméabilité. Au moyen d'un multimètre ou grâce au Moniteur Énergie Horizon (réf. produit FCJJ-24), mesurez la tension ou le courant générés par la pile à combustible sous différentes conditions, pour des cinétiques de réactions plus faibles.

Voir expérience 6 : Vous pourrez démontrer qu'à des conditions variables de température, les tensions produites sont différentes, et, en représentant graphiquement ces résultats, vous déterminerez les conditions optimales de température permettant à la pile à combustible d'atteindre les meilleurs résultats pour chacun des alcools utilisés.

### Expérience 6 : Étudier les effets de la température

Remarque : Avant de souffler de l'air dans la pile à combustible, assurez-vous qu'il n'est pas trop chaud en testant sa température sur votre main (une température inférieure à 60 °C est préférable).

Étape 1 : Utilisez un sèche-cheveux pour souffler de l'air chaud sur chaque pôle de la pile à combustible ou remplissez le réservoir de combustible avec une solution éthanol/eau plus chaude. Vous constaterez que le moteur et le ventilateur fonctionnent à une vitesse supérieure.

Étape 2 : Au moyen d'un multimètre ou grâce au Moniteur Énergie Horizon (réf. produit FCJJ-24), mesurez la tension générée par la pile à combustible. Vous pourrez vérifier qu'à des conditions variables de température, les tensions produites sont différentes, et, en représentant graphiquement ces résultats, vous pourrez déterminer les conditions optimales de température pour la pile à combustible.

Aux températures plus élevées, l'agitation des atomes est plus grande et leur interaction avec le catalyseur déposé en surface de la membrane aussi. Avec des interactions plus nombreuses, la réaction s'accélère et davantage d'électricité peut être produite, d'où le fonctionnement plus rapide du ventilateur.

#### Conclusions :

- (1) Une température plus élevée favorisera les interactions des molécules d'éthanol avec le catalyseur déposé en surface de la membrane, ce qui augmentera la cinétique de réaction.
- (2) Une température élevée peut en outre rendre la membrane plus active, augmenter sa capacité d'échange de protons, et donc accroître la vitesse du moteur du ventilateur. La puissance énergétique des piles à combustible directes à l'éthanol peut donc être accrue grâce à une température de fonctionnement, ou une température du combustible, plus élevée.

### Résolution des pannes

A. Le ventilateur commence à ralentir ou s'arrête totalement

#### Solution :

- a. Débranchez complètement le module pile à combustible. Placez un récipient adapté sous le tube en sortie de pile. Desserrez le collier et laissez s'écouler quelques gouttes d'acide acétique, pour permettre à la solution d'éthanol fraîche d'entrer dans la pile à combustible.
- b. Si le niveau de solution dans le réservoir de combustible est trop bas pour que la solution s'écoule dans la chambre de la pile à combustible, préparez un nouveau mélange et versez-le dans le réservoir jusqu'au niveau approprié. Ou bien relevez le réservoir de combustible pour que le niveau de solution dépasse la hauteur de la buse d'entrée de la pile à combustible.
- d. Attendez 5-10 minutes avant de rebrancher la pile à combustible. Une fois la pile rebranchée, observez l'hélice du ventilateur tourner de nouveau à vitesse constante. La pile à combustible est capable de démarrer la réaction une nouvelle fois (et plus de protons hydrogène peuvent être échangés au niveau de la membrane).

B. Après que tous les câbles et tubes aient été raccordés, le ventilateur ne fonctionne toujours pas.

#### Solution :

- a. Solution :
- a. Assurez-vous que les câbles rouge et noir sont correctement branchés.
- b. Assurez-vous que le tube du réservoir de combustible est bien raccordé à la buse d'injection de la pile à combustible.
- c. Assurez-vous qu'assez de solution d'éthanol circule dans la pile à combustible et qu'aucun tube n'est bouché.

C. J'ai desserré le clapet, mais la solution ne s'écoule pas.

#### Solution :

- a. Ajoutez de la solution combustible fraîche dans le réservoir de combustible.
- b. Relevez le réservoir de combustible pour que le niveau de solution dépasse la hauteur de la buse d'entrée de la pile à combustible.