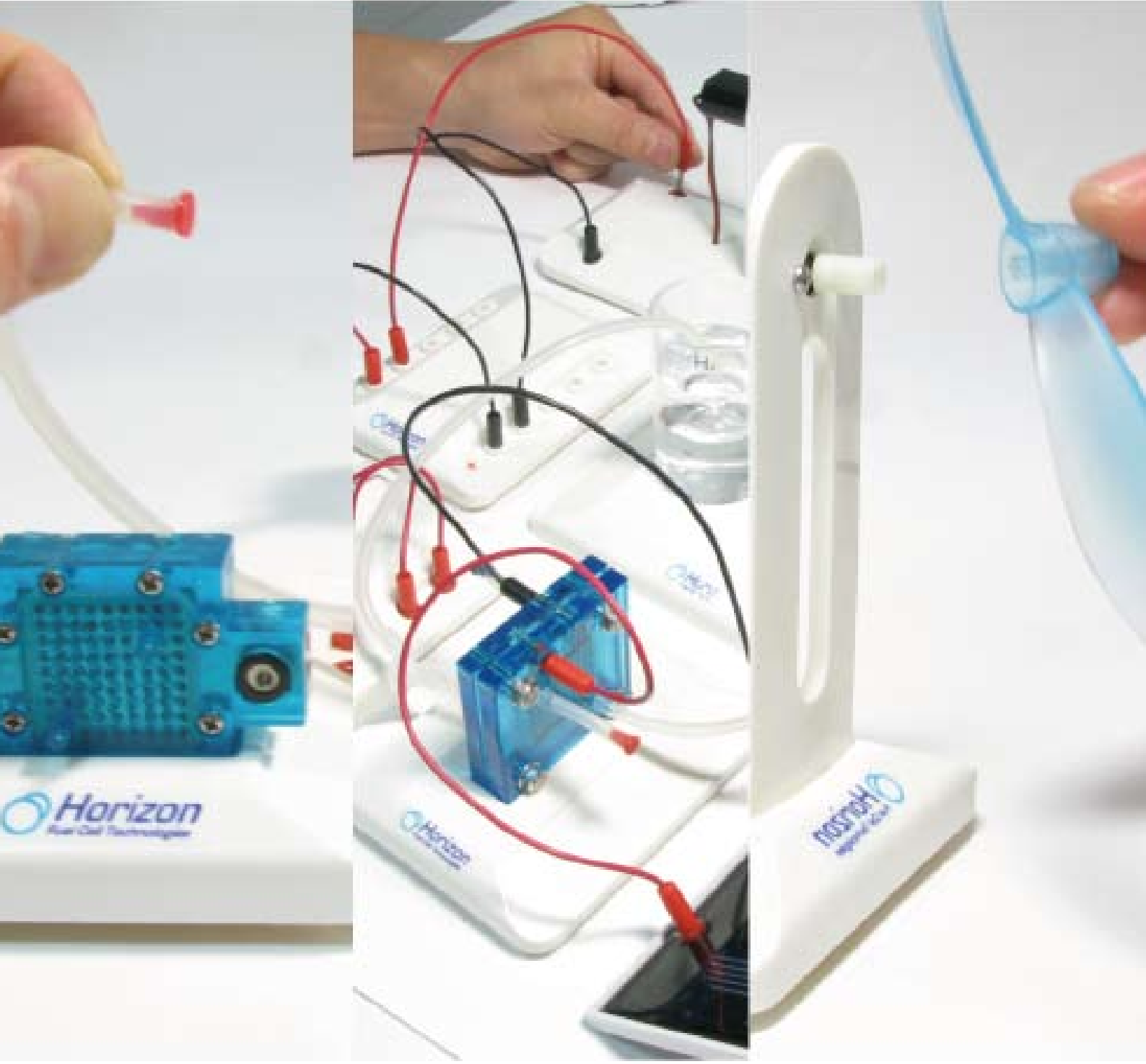


Horizon

Enseignement des énergies renouvelables

Manuel d'expérimentations

Horizon
Fuel Cell Technologies

CREDITS

Auteur:
John Gavlik

Contributeurs et Editeurs:
Horizon Education Team

Horizon Education et Equipe Design:
Dane Urry, Miro Zhang, Stone Shen

Copyright © 2010 par Horizon Fuel Cell Technologies.
Tous droits reservés. Aucune partie de cette publiACtion ne peut être reproduite, enregistrée sur un système de recherche ou transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit (enregistrement électronique, mécanique ou autre), sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

Horizon Fuel Cell Technologies
Block 19, No.2 Suide Rd.
Shanghai 200331, P.R. China
http://www.horizonfuelcell.com

Horizon
Fuel Cell Technologies

Horizon

Enseignement des énergies renouvelables

Manuel d'expérimentations

Table des matières

Préface 1-17

- Introduction
- Ajouter de la valeur aux expériences
- Informations complémentaires
- Niveau d'études et adaptation du sujet
- Se familiariser avec le set d'enseignement des énergies renouvelables
- Le Moniteur d'Énergie Renouvelable
- Les composants électroniques et la terminologie des circuits
- Comment utiliser un multimètre
- Mesurer des tensions, des courants, des puissances, des résistances
- La loi d'Ohm
- Comment utiliser l'accessoire de mesures
- WindPitch Set pour l'enseignement de l'énergie éolienne
- Adapter d'autres produits de Horizon pour effectuer les expériences

Experiences concernant l'énergie solaire photovoltaïque 18-38

1. L'effet de la chaleur sur les panneaux solaires photovoltaïques
2. L'effet de l'ombre sur les panneaux solaires photovoltaïques
3. L'effet de l'angle d'inclinaison des panneaux solaires photovoltaïques
4. Trouver le point de puissance maximum d'un panneau solaire photovoltaïque

Expériences concernant l'énergie éolienne 39-76

5. Quel est le nombre de pales optimal?
6. Utiliser trois profils de pales différents
7. Utiliser des pales construites par vous-même
8. Rendement des Éoliennes
9. Mesurer les tours par minute
10. Réglages pour une puissance maximale
11. Utiliser l'énergie éolienne pour produire de l'hydrogène

Experiences concernant l'utilisation de l'hydrogène (Piles à combustible) pour produire de l'énergie 77-99

12. Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau
13. Production d'électricité à Partir d'hydrogène et d'oxygène – pile à combustible
14. Détermination de la tension minimale pour pratiquer l'électrolyse de l'eau
15. États de polarisation d'une pile à combustible

Expériences « Ultra cool » 100-140

16. Construction d'une ferme solaire
17. Construction une ferme éolienne ou un parc éolien
18. Construction d'une pile à combustible
19. L'hydrogène comme source d'énergie pour votre école
20. Alimenter votre école avec de l'électricité d'origine solaire photovoltaïque
21. Alimenter votre école en énergie à l'aide du vent

Introduction

Renewable Energy

Science Education Set

Le set d'enseignement des énergies renouvelables de Horizon permet de réaliser d'intéressantes expériences avec des piles à combustible, des panneaux solaires photovoltaïques, et des éoliennes. D'autres accessoires ou composants électroniques tels que des résistances, des LEDs (Light Emitting Diodes), des moteurs électriques, des hélices sont utilisés comme « charges » pour ces sources d'énergie. Si pour vous le terme de « charge » est nouveau, ou que vous ne connaissez pas la fonction d'une résistance, d'une LED, référez vous au chapitre « Composants électroniques et circuits » pour trouver beaucoup d'information concernant les bases de l'électronique, ainsi que des détails concernant les différents composants utilisés pour les expériences.

Les expériences sont réParties en groupes fonctionnels qui couvrent les panneaux solaires photovoltaïques, les piles à combustible, les éoliennes, ainsi que des mini voitures fonctionnant à l'aide de piles à combustible. Il n'est pas nécessaire de suivre l'ordre des expériences telles qu'elles apparaissent dans le manuel. N'hésitez pas à choisir celles qui semblent le plus passionnantes pour vos élèves ou pour vous.

En plus des expériences standard, nous avons développé quelques expériences «ultra cool» qui sont encore plus passionnantes et qui seront à même de susciter chez vous l'envie d'en apprendre plus concernant les technologies sous- jacentes aux énergies renouvelables. Apprendre les mathématiques, la physique, la chimie en utilisant les énergies renouvelables comme support motivera vos étudiants pour atteindre des objectifs plus ambitieux.

Ajouter de la valeur aux expériences

Toutes les expériences suivent le même plan afin de faciliter le déroulement des leçons et laisse du temps aux étudiants pour compléter l'expérience en répondant à certaines hypothèses ou questions. Par exemple :

***Que se passerait-il si* - y vous changiez l'angle d'inclinaison du panneau solaire ? Ce changement induira-t-il un changement de la tension de sortie ? Du courant produit ? De la puissance produite ?**

***Que se passerait-il si* -une éolienne était munie de pales plus longues ? Produirait-elle plus ou moins d'énergie qu'une éolienne munie de pales plus courtes ?**

***Que se passerait-il si* - une pile à combustible utilisait de l'oxygène pur plutôt que de l'oxygène pris dans l'air ambiant ? Produirait-elle plus de puissance en recombinant cet oxygène pur avec de l'hydrogène pur ?**

De telles questions et bien d'autres, aussi bien pratiques que théoriques sont posées lors de chaque expérience. Il existe également des questions qui suggèrent d'effectuer des recherches complémentaires afin d'apprendre davantage au sujet des technologies des énergies renouvelables.

Informations complémentaires

Les expériences sont accompagnées par une information additionnelle qui se trouve dans l'ouvrage dédié, le « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables », qui contient beaucoup d'information scientifique, d'illustrations, de photos concernant les sujets suivants :

Chapitre 1 : Environnement et changement climatique
Chapitre 2 : Energie solaire
Chapitre 3 : Energie éolienne
Chapitre 4 : Les electrolyseurs
Chapitre 5 : Les piles à combustible
Chapitre 6 : Stockage et distribution de l'hydrogène
Chapitre 7 : Notions d'électronique de puissance

Des références existent dans chacun des ouvrages, pointant vers l'autre, afin de vous permettre, ainsi qu' aux étudiants de trouver continuellement l'information utile pour compléter les expériences. Les références sont mises en évidence par des arrière-plans colorés en jaune.

Niveau d'étude et adaptation du sujet

Ces expériences se basent sur quelques notions d'électricité pour expliquer comment les panneaux solaires photovoltaïques, les éoliennes et les piles à combustible produisent de l'énergie électrique. Des thèmes tels que la loi d'Ohm, la puissance électrique, l'énergie, sont constamment présents tout au long des expériences. Si des éléments d'algèbre de première année sont inaccessibles pour certaines classes, l'utilisation de « l'accessoire de mesures » de Horizon et un ordinateur personnel (PC) réaliseront les mesures, effectueront les calculs et afficheront directement les résultats des expériences sur l'écran sous formes de graphiques ou de tableaux de mesures. (Voir page 12) .

Pour des études plus avancées en physique ou en chimie, le « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables » contient de nombreux éléments de théorie et de mathématiques pour répondre à tous les niveaux d'études concernant ces sujets.
Les enseignants peuvent être rassurés au sujet de ces expérience ou de ces explications en sachant que celles-ci sont conformes aux standards d'études suivants :

National Science Education Standards (NSES)

National Science Teachers Association (NSTA)

The International Technology Education Association (ITEA)

Les détails concernant la conformité par rapport à ces standards peut être trouvée dans des documents séparés.

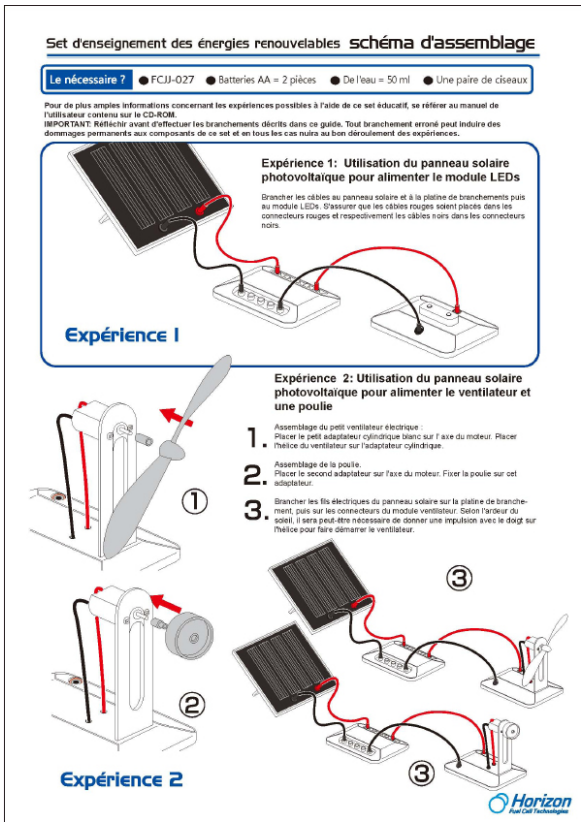
Se familiariser avec le set d'enseignement des énergies renouvelables.

Le set d'enseignement des énergies renouvelables Le set d'enseignement des énergies renouvelables

- un panneau solaire photovoltaïque
- une éolienne
- une pile à combustible de type PEM
- un électrolyseur de type PEM

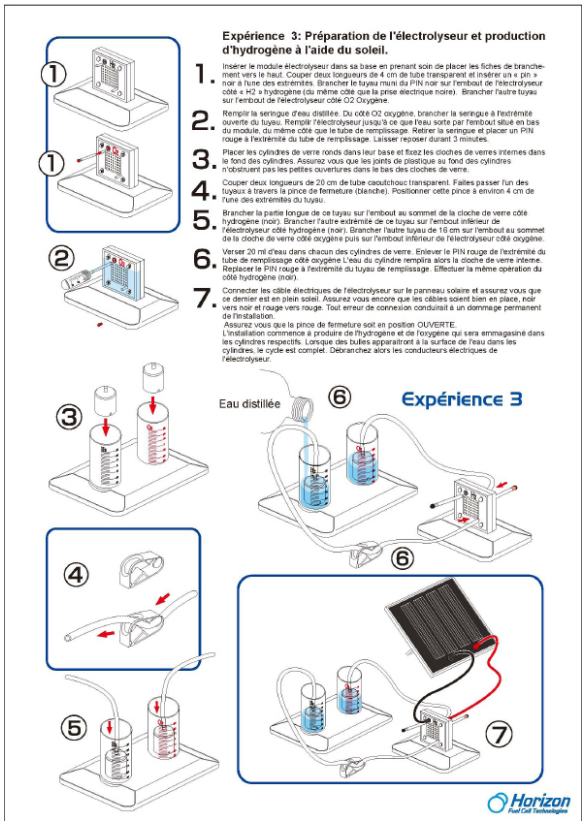
Les expériences sont développées en fonction de ces trois éléments générateurs d'énergie et de l'électrolyseur. Un autre appareil, l'accessoire de mesures, qui permet aux étudiants d'effectuer les expériences tout en affichant les résultats sur l'écran de l'ordinateur de la classe ne figure pas dans ce set.

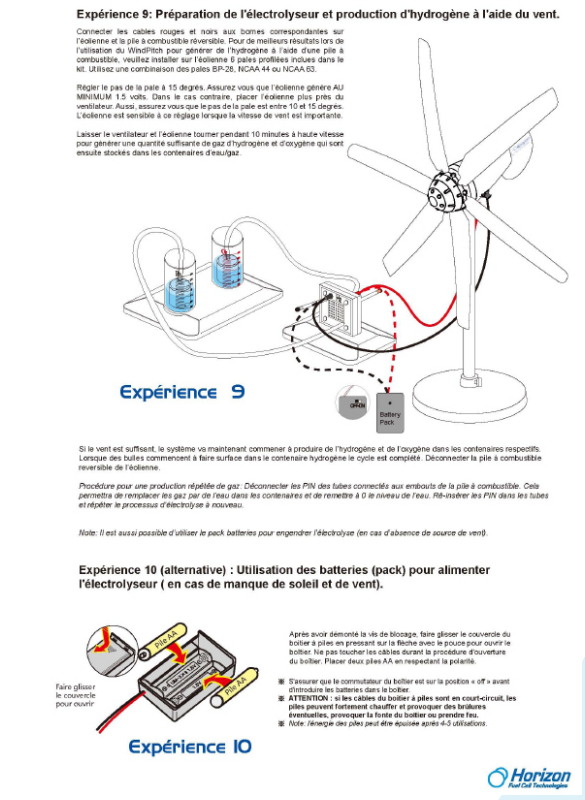
Vous trouverez toute l'information utile pour l'assemblage et l'utilisation de ces éléments, dans un ci dessous :



Set d'enseignement des énergies renouvelables.

Il est fortement recommandé de lire et de comprendre cette information avant de procéder aux expériences.

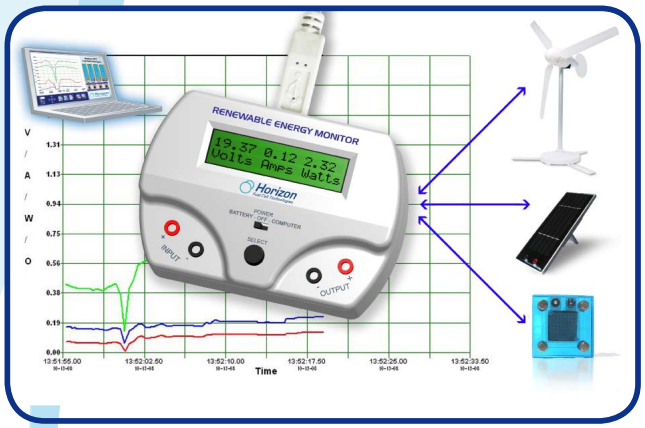




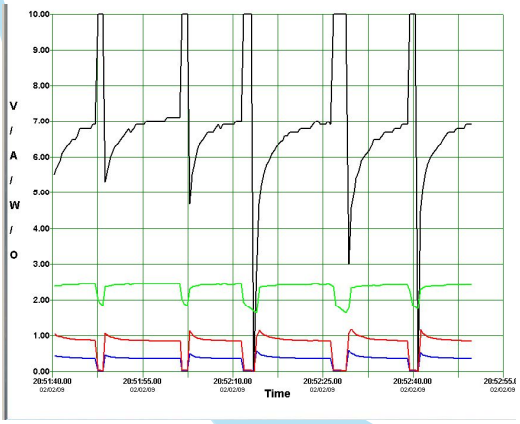
Moniteur d'Énergie Renouvelable
(Optionnel- non inclus)

Horizon a développé le Moniteur d'Energie Renouvelable pour faciliter votre étude des énergies renouvelables. Ce qui suit sert de guide rapide de ses caractéristiques et de son fonctionnement. Pour le détail complet, se référer au Manuel d'Utilisation du Moniteur d'Energie qui est fourni.

Principales caractéristiques



Le Moniteur d'Energie Renouvelable permet d'effectuer les mesures utiles et offre des fonctions d'affichage complètes pour toutes les expériences; mais peut aussi être utilisé comme instrument de mesure polyvalent, à la place du multimètre, pour vos mesures électriques. Tout est automatique – pas de calculs !!



Exemple de graphique par informatique: Tension, Courant, Puissance et Résistance

Utilisez-le avec ou sans ordinateur

Le Moniteur d'Energie Renouvelable peut être utilisé avec ou sans ordinateur – en extérieur ou en intérieur – et fonctionne avec tous les panneaux solaires, éoliennes et piles à combustible de chez Horizon. Faites les expériences avec le soleil et le vent où elles donnent les meilleurs résultats – dehors – et relevez toutes vos données sur place.
Avec son interface USB, le Moniteur l'Energie Renouvelable se branche directement sur votre ordinateur. L'ordinateur affiche les diagrammes au moment où les mesures sont effectués, ce qui donne aux étudiants une compréhension visuelle de l'expérience.

L'Écran LDC

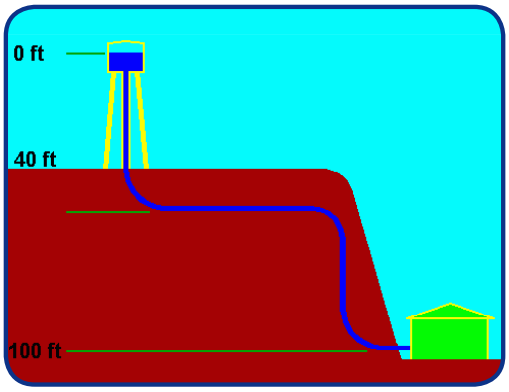
L'écran LDC affiche toutes les données immédiatement, sans rebranchements de fils. Les étudiants peuvent commuter les affichages d'une simple pression sur un bouton. Horizon a simplifié la mesure des paramètres et la saisie des données afin que les enseignants et les étudiants puissent se concentrer sur le déroulement de l'expérience....
et non pas sur la réalisation des branchements.

Composants Électriques, Circuits et Terminologie

Les informations qui suivent vous aideront à comprendre certains composants, circuits et terminologies utilisés dans les expériences. Toutes sont présentées sous forme de question.

Qu'est-ce que la Tension ?

La tension est à l'électricité ce que la pression est à l'eau ; toutes deux sont des forces pouvant déplacer les choses.
La tension est la force qui fait bouger les électrons à travers un circuit; plus grande est la tension, plus grande est la force du mouvement d'électron. La tension est produite par la création d'une "différence de potentiel" entre les éléments négatifs et positifs du composant qui la génère.



Tout comme l'eau, plus la tension est grande, plus la force exercée est grande. L'eau tombant d'une hauteur utilise la gravité pour créer la force; plus la colonne d'eau est haute (sa différence de potentiel), le plus de force ou de pression est créée. Au contraire de l'eau, la tension n'est pas créée par la gravité, mais par des forces chimiques, optiques ou magnétiques.
Les piles utilisent des produits chimiques pour produire la tension, alors que les piles à combustibles communes utilisent les électrons dans le gaz à hydrogène. Les panneaux solaires utilisent des moyens optiques pour capturer les photons du soleil pour faire de même, et les éoliennes utilisent des aimants rotatifs placés près de bobines de fils électriques générant de la tension basée sur le champ magnétique de la rotation des aimants.

La tension est mesurée en unités appelées Volt

Qu'est-ce que le Courant ?

Le courant électrique est à l'électricité ce que le débit d'eau est au courant hydraulique. Une lance à incendie peut transporter plus d'eau à pression égale en comparaison à un pommeau de douche entartré. De même peuvent de gros câbles électriques transporter plus de courant que les câbles plus fins.

Le courant électrique transporte les électrons à travers un chemin (appelé un circuit), tout comme l'eau transporte les molécules d'eau à travers un tuyau. Plus d'électrons veut dire plus de courant.
L'eau circule naturellement du haut vers le bas, en utilisant la gravité comme force. Le courant électrique circule normalement de positif (+) à négatif (-), ce qui est appelé le courant continu ou le DC, mais la gravité n'est pas impliquée.
A l'instar de l'eau, le courant électrique peut circuler dans les deux directions – positive à négative et négative à positive. Cette dernière est habituellement appelée le courant alternatif ou AC, puisque le courant change (alterne) entre les directions positives et négatives. Le courant électrique produit par les batteries et un DC, alors que le courant électrique sortant d'une prise murale est un AC. Les deux ont un usage dans les circuits électriques.

Le courant est mesuré en unités appelées ampères ou amps.

Qu'est-ce que la Résistance ?

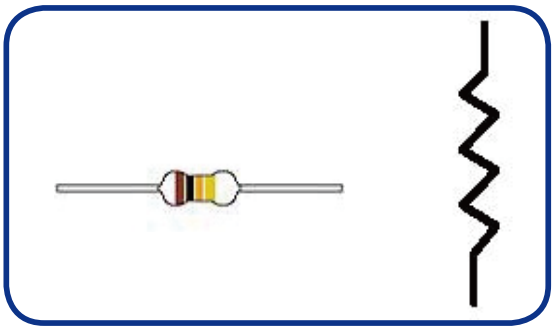
Un potentiomètre est une résistance variable comme le bouton de votre autoradio. Vous l'ajustez à différentes valeurs de résistance. Le potentiomètre fourni dans le kit s'ajuste de 100 à 0 ohms. Les deux raccords ronds vous permettent de le brancher, avec les câbles fournis, à n'importe quel circuit expérimental.

De plus larges câbles peuvent transporter plus de courant électrique que les petits câbles. Dans les circuits imprimés, les composants appelés résistances sont insérés dans le circuit pour limiter la circulation du courant.
La résistance à la circulation des électrons dépend du type et de la taille du matériel utilisé. Alors que la circulation de l'eau dans un tuyau ne produit généralement pas de chaleur par elle-même, les matériaux à résistivité électrique produisent des degrés variants de chaleur, créés par le flux des électrons à travers la matière. La chaleur est généralement considérée comme une énergie gâchée (comme pour une ampoule chaude), mais pas toujours, comme pour un grille-pain ou un sèche-cheveux, où la chaleur provenant de la résistance est en quantité désirée.

La Résistance est mesurée en unités appelées ohms.

Qu'est-ce qu'une résistance ?

Une résistance est un composant électronique passif composé d'un matériau comme le carbone, qui limite le flux de courant qui le traverse. Les résistances sont souvent appelées « charges » et ce sont des éléments importants des circuits. Les autres composants du circuit vont recevoir une intensité de courant qui dépendra de la valeur de la résistance.
L'aspect physique d'une résistance ainsi que son symbole utilisé dans les schémas électroniques.



La valeur d'une résistance est mesurée en Ohms

Qu'est-ce qu'un Potentiomètre ?

Un potentiomètre est une résistance variable tout comme le bouton de votre autoradio. Vous l'ajustez à différentes valeurs de résistance. Il a trois terminaux – gauche, centre et droit. Horizon a rendu son utilisation simple avec un bouton de réglage montrant une résistance de 100 à 0 ohms.

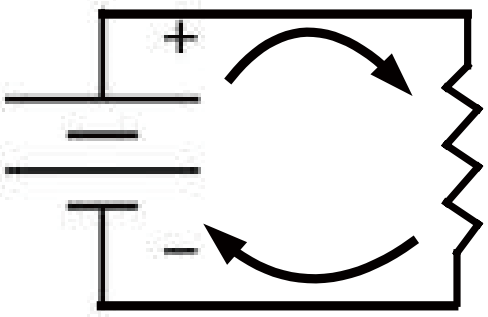
Qu'est-ce qu'une source de puissance ?

Une source de puissance électrique est un dispositif qui délivre une tension et un courant électrique donc de la puissance. Une source de puissance peut utiliser de l'énergie chimique, comme une batterie ou une pile à combustible, de l'énergie solaire comme un panneau solaire photovoltaïque , ou l'énergie cinétique contenue dans le vent, comme une éolienne. Chacune de ces sources de puissances transforment une forme d'énergie en une autre forme d'énergie; de l'énergie chimique, de la lumière, ou une énergie mécanique, en énergie électrique.

P = E * I où P = Puissance en Watts
E = Tension en Volts
I = Courant en Ampères

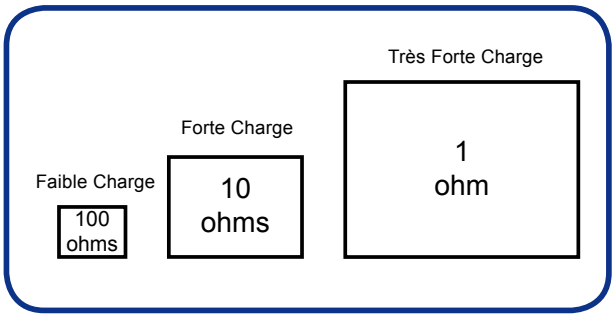
Qu'est-ce qu'un circuit ?

Un circuit est tout ensemble de composants électriques ou électroniques reliés sans discontinuité par des conducteurs électriques. Lorsqu'il est soumis à une tension électrique, un courant circule tant que le circuit n'est pas interrompu ou « ouvert ». Lorsqu'un circuit est « ouvert » aucun courant ne peut y circuler et aucune énergie n'est consommée ou produite.
Le circuit le plus élémentaire est fait d'une source de puissance (comme la batterie montrée ici), reliée à une charge (comme la résistance dessinée ici) .



Qu'est-ce qu'une charge ?

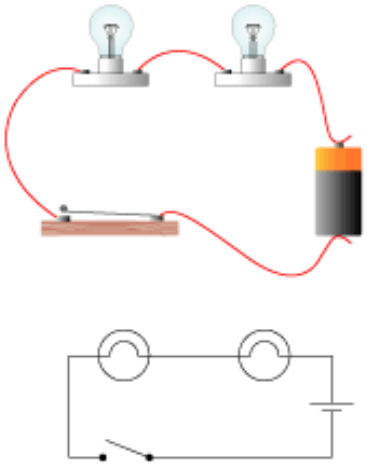
Une charge est un dispositif qui absorbe de la puissance électrique fournie par une source de puissance et qui utilise cette puissance pour fournir un travail, tel que : faire tourner un moteur, ou simplement dissiper de la puissance sous forme de chaleur, comme dans un toaster ou un radiateur électrique. Dans la plupart des cas, la charge est utilisée pour consommer de la puissance mais également pour réguler la puissance produite. Généralement, une charge est mesurée comme une résistance, en unités appelées Ohms.



En termes relatifs, une charge « faible » possède une grande valeur de résistance, et réciproquement, une charge « forte » possède une petite valeur de résistance exprimée en Ohms. Cette dénomination peu sembler contre-intuitive, mais c'est ainsi qu'elle a été conçue. Ainsi, une résistance de 100 Ohms représente une charge plus faible qu'une résistance de 10 Ohms. L'illustration ci-dessous montre les grandeurs relatives de trois valeurs de résistances. La pile à combustible que nous utilisons lors de nos expériences , ou le moteur -ventilateur possèdent par exemple une résistance de 2 à 4 Ohms, ce qui représente une charge très forte.

Qu'est-ce qu'un circuit série ?

Dans un circuit électronique, plusieurs composants électriques tels que des ampoules peuvent être placés pour former un ligne continue, ou une série, dans le circuit, entre la borne positive de la batterie et la borne négative de la batterie. On appelle un tel circuit un montage en série.
Le problème avec un tel circuit est que si une seule ampoule « brûle »- se détruit- elle agit comme un interrupteur et éteint toutes les autres ampoules, car elle « ouvre » le circuit. Par contre, un avantage du circuit série et qu'il permet des économies de fils de cuivre par rapport à un montage « parallèle ».



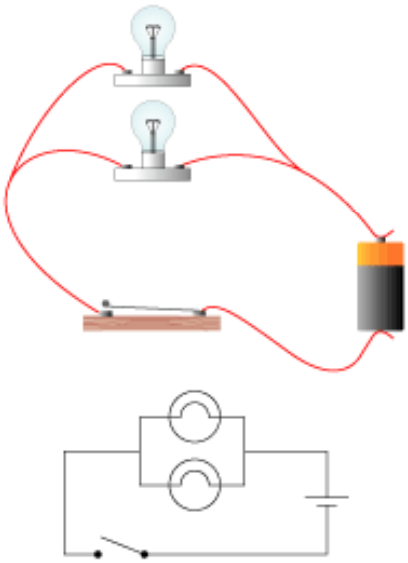
Qu'est-ce que la Puissance ?

La puissance est la combination de la tension et du courant. La tension est le composant de la pression de la puissance forçant les électrons à bouger dans un circuit, et le courant est le composant de la quantité de puissance indiquant le nombre d'électrons dans le flux électrique. Tension et courant sont tous les deux requis pour produire la force électrique appelée puissance. La puissance est instantanée et n'est pas mesurée dans le temps comme l'est l'énergie. Quand l'on mesure la puissance, on mesure la tension et le courant pour un temps donné. C'est une importante distinction – le temps, ou son manque, est la différence essentielle entre la puissance et l'énergie. La puissance est instantanée alors que l'énergie est la puissance mesurée dans le temps.

La puissance électrique est mesurée en unités appelées watts.

Qu'est-ce qu'un Circuit Parallèle?

Les composants peuvent être arrangés en un circuit parallèle tel que si quelque ampoule grillait, le circuit resterait intact et opérationnel. Les guirlandes électriques sont branchées en parallèle pour que dans l'éventualité d'une ampoule qui grille, les autres puissent rester allumées.
Le circuit ci-dessous montre deux ampoules branchées en parallèle. Si l'une des ampoules grille, l'autre peut encore marcher.



Qu'est-ce que l'Énergie?

L'énergie est la puissance dans le temps. L'énergie est la puissance circulant dans un circuit pour un temps donné comme une seconde, une minute ou une heure. Quand l'on parle d'énergie, on veut dire la puissance fois le temps. L'énergie est mesurée en unités similaires à la puissance, mais avec le composant du temps comme le watt/seconde (ou Joules), watt/minute ou watt/heure.
Si un circuit génère 1 watt de puissance par heure, il se dit qu'il génère 1 watt/heure d'énergie. Votre mètre électrique mesure la puissance en watt/heure (3600 Joules), mais ceci peut être convertit à n'importe quel autre délai, en comprenant comment le temps est mesuré – une heure = 3600 secondes.

L'énergie est mesurée en Joules (watt-seconde) dans les expériences.

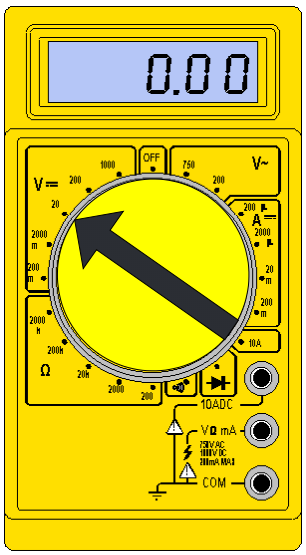
Comment utiliser un multimètre

Un multimètre est un appareil combiné qui permet de mesurer des tensions, des courants, des résistances.
Bien qu'un peu impressionnant au premier abord, le multimètre permet, par des procédés simples d'effectuer les mesures nécessaires à la conduite des expériences. Ce paragraphe vous explique comment procéder.

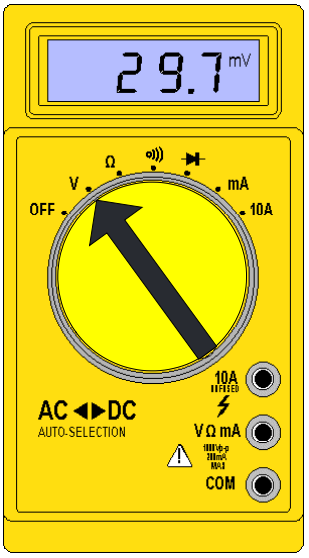
Pour des raisons de sécurité, ne connectez jamais le multimètre dans une prise de 230 Volts ou sur des appareils branchés sur le réseau de distribution électrique.

Types de multimètres numériques.

Il existe essentiellement deux modèles de multimètres numériques; les appareils avec sélection d'échelle manuelle (à gauche) , qui possèdent un commutateur rotatif muni de nombreux choix. Il est nécessaire de prendre soin de sélectionner l'échelle correcte pour la mesure à effectuer. Le modèle à sélection d'échelle automatique (à droite), qui est normalement plus coûteux, effectue une Partie du travail pour vous. Tout ce que vous devez faire, c'est choisir la mesure que vous allez effectuer, à savoir : une tension, un courant ou une résistance. Cependant, avec les deux appareils, vous devez savoir comment brancher les sondes de l'instrument. Afin d'être complets, nous décrirons ici les mesures faites à l'aide d'un multimètre manuel.

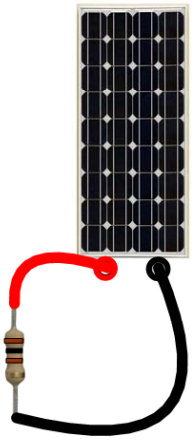


Manual



Auto

Un circuit élémentaire

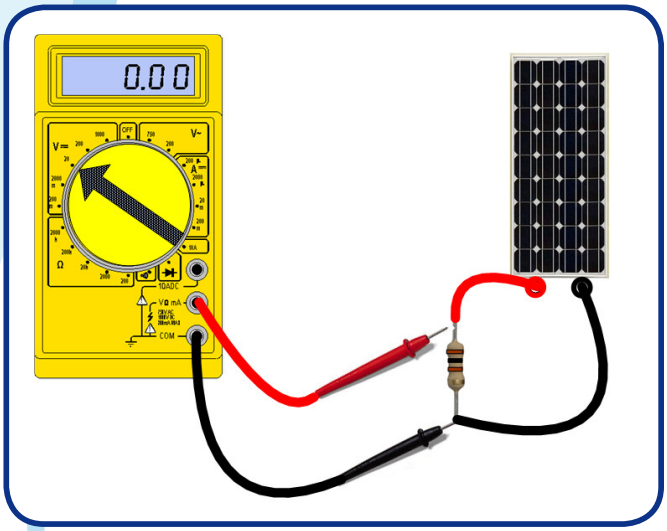


Le choix de la bonne position du commutateur représente le commencement. Afin de mesurer correctement une tension, un courant ou une résistance, les sondes du multimètres doivent être branchées sur le circuit de la bonne manière. Comme exemple, nous allons débuter par un circuit élémentaire, mais typique, et voir comment chacune de ces mesures est effectuée. Ce circuit est constitué par un panneau solaire photovoltaïque comme source de tension et d'une résistance comme charge. D'autres circuits comprendront des piles à combustible, des moteurs électriques, des LEDs, et d'autres composants. Cependant la technique de mesure reste la même. Commençons par les mesures les plus simples pour finir par les plus complexes.

Mesure d'une tension (Voltage)

Pour mesurer une tension :

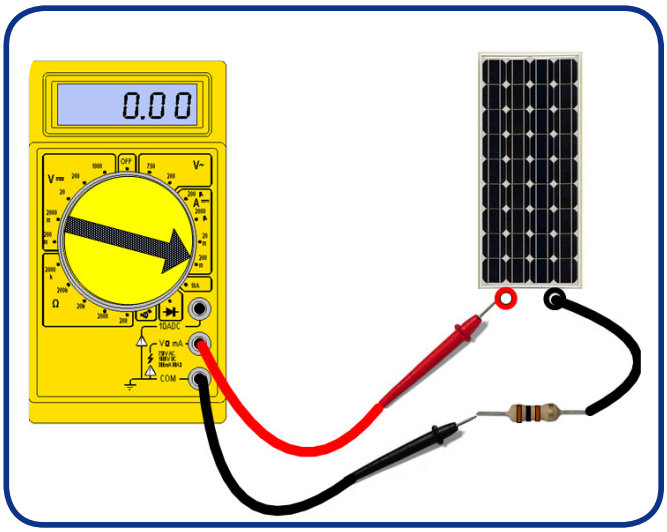
- Placer le commutateur en position Volts DC (Courant Continu), l'échelle est normalement marquée V (Volts)
- Brancher la sonde rouge sur la fiche positive (+) de l'élément à mesurer.
- Brancher la sonde noire sur la fiche négative (-) de l'élément à mesurer
- Lire la valeur sur l'écran du multimètre
- Ce branchement est appelé « Branchement en parallèle »



Mesure d'un courant

Pour mesurer un courant, le circuit doit être « interrompu » ou « coupé » et le multimètre doit être branché en « série » dans le circuit. De cette manière, le courant qui circule dans le circuit traverse également le multimètre, ce qui permet d'effectuer la mesure. Notez que vous aurez probablement besoin de quelques fiches ou « prises crocodile » pour effectuer les branchements.

- Placer le commutateur du multimètre en position DC (Courant Continu) sur une échelle normalement marquée « A » (Ampères) ou mA (milliAmpères)
- Brancher la sonde rouge du multimètre à la fiche positive (+) du circuit à mesurer (dans notre cas la fiche + du panneau solaire.
- Connecter la fiche d'un câble électrique à la prise négative (-) du panneau solaire, puis l'autre extrémité de ce câble à une extrémité de la résistance.
- Brancher la sonde noire du multimètre à l'autre côté de la résistance.
- Lire la valeur de courant sur l'écran du multimètre.

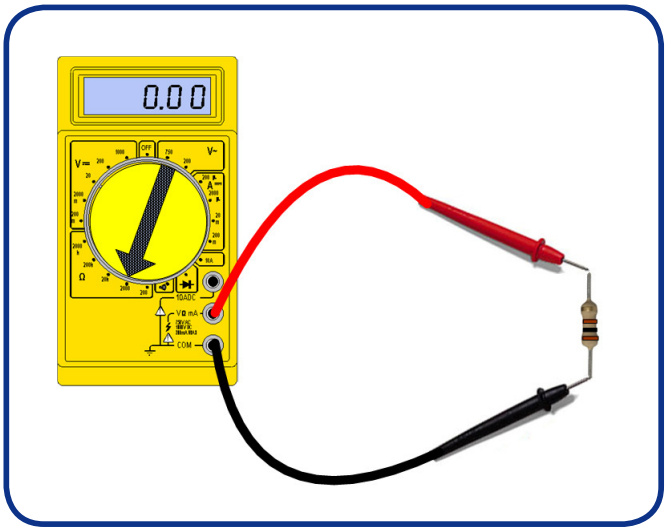


Voir la loi d'Ohm ci-dessous pour une manière plus simple de déterminer le courant sans interrompre le circuit.

Mesure d'une résistance

Afin de mesurer la résistance d'un composant, il est indispensable qu'au moins l'un de ses conducteurs ait été détaché du circuit. Pour assurer la précision de la mesure, il est préférable de détacher complètement ce composant du circuit.

- Placer le commutateur du multimètre sur la position résistance du multimètre. Cette position est marquée par la lettre grecque « OMEGA » ( )
- Connecter la sonde rouge du multimètre à l'une des extrémités de la résistance.
- Connecter la sonde noire (COM) du multimètre à l'autre extrémité de la résistance.
- Lire la valeur en Ohms de la résistance sur l'écran du multimètre.



La loi d'Ohm

Les valeurs des mesures effectuées grâce au multimètre servent de base pour effectuer quelques calculs d'autres valeurs électriques. La formule utilisée est connue sous le nom de « loi d'Ohm », du nom d'un physicien Allemand, Georg Ohm, qui en 1827 fut le premier à décrire la relation qui existe entre courant , tension, résistance et puissance électriques. La formule de base de la loi d'Ohm s'écrit comme suit :

V = I * R où V = tension en Volts,
I = courant en Ampères (A)
R = résistance en Ohms (Omega)

Si l'on connait deux de ces trois valeurs, il est possible de calculer la troisième. Par exemple, si l'on a mesuré le courant et la résistance, il est possible de calculer la tension (Volts) par la formule suivante :

V = I * R

Si l'on connait la tension et le courant, nous pouvons calculer la résistance :

R = V / I

Enfin, si vous connaissez la tension (Volts) et la résistance, vous pouvez calculer le courant :

I = V / R

Utilisez ces équations simples lors de l'expérience, partieculièrement pour déterminer le courant à partir de la tension et de la résistance. Cette façon de faire vous permettra d'éviter d'avoir à effectuer des changements de branchements du mode parallèle au mode série, qui implique l'insertion du multimètre dans le circuit. Si vous connaissez la valeur de la résistance et la valeur de la tension, le calcul de la valeur du courant (comme indiqué ci-dessus) est aisé. S'il n'était pas possible de connaitre la valeur de la résistance, il serait nécessaire d'insérer le multimètre en série dans le circuit afin de mesurer le courant.

Le calcul du courant est très simple

Pour calculer le courant en utilisant la loi d'Ohm, en connaissant la résistance et la tension, voici comment procéder :
Exemple :

1. Résistance = 100 Ohms
2. Tension = 1 Volt
3. Courant = 1 / 100 = 0.010 Ampères = 10 milliampères

1. Résistance = 10 Ohms
2. Tension = 1 Volt
3. Courant = 1 / 10 = 0.100 Ampères = 100 milliampères

1. Résistance = 50 Ohms
2. Tension = 1 Volt
3. Courant = 1 / 50 = 0.020 Ampères = 20 milliampères

1. Résistance = 5 Ohms
2. Tension = 1 Volt
3. Courant = 1 / 5 = 0.200 Ampères = 200 milliampères

calcul de la puissance électrique

Il est possible de calculer la puissance électrique en fonction de la tesnion (Volts) du courant (Ampères) et de la résistance (Ohms). L'équation pour y parvenir est :

P = V * I où
P = Puissance en Watts
V = Tension en Volts
I = Courant en Ampères

Si vous connaissez les valeurs pour la tension et le courant, ou si vous pouvez calculer le courant en fonction de la tension et de la résistance, alors il est possible d'utiliser l'équation ci-dessus pour calculer la puissance. Si vous connaissez les valeurs de la tension et de la résistance, mais pas celle du courant, vous pouvez utiliser l'équation ci-dessous dans laquelle vous substituerez la valeur de la résistance.

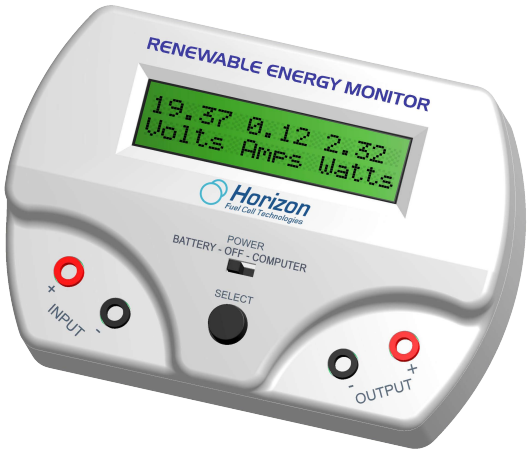
P = V * I
P = V * (V / R)
P = (V * V) / R
P = V2 / R

Exemples :

1. Tension = 1 Volt
2. Courant = 20 milliampères
3. Puissance = 1 * 20 = 20 milliwatts

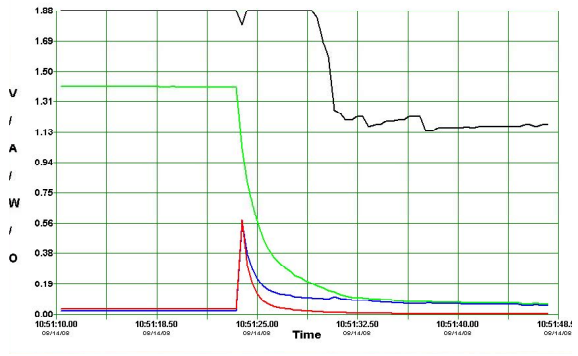
1. Tension = 4 Volts
2. Résistance = 100 Ohms
3. Puissance = (4 * 4) / 100 = 0.016 Watts = 16 milliwatts

Mesures avec le Moniteur d'Energie Renouvelable sans calculs !



Au lieu d'utiliser un multimètre aux boutons et branchements compliqués, **Horizon** a mis au point le Moniteur d'Energie Renouvelable pour vous permettre de mesurer et d'afficher la tension, le courant et les tours par minute directement et sans calculs. Branchez simplement le Moniteur d'Energie Renouvelable à un panneau solaire, à une pile à combustible ou à une éolienne et lisez les mesures sur le large écran LDC.

C'est tout! Il n'y a rien d'autre à faire... sauf le brancher à l'ordinateur de votre classe pour bien d'autres excitantes mesures visuelles. Il est muni d'une batterie, donc vous pouvez l'utiliser n'importe où – en intérieur comme à l'extérieur.



L'Éolienne WindPitch

L'éolienne WindPitch est un important élément du Set d'Education des Energies Renouvelables. Vous pourrez la munir de deux à six pales de différentes formes, aussi bien que fabriquer vos propres pales. Les pales sont fabriquées au standard des avions, tout comme les vraies hélices. Vous pourrez même ajuster l'inclinaison des pales pour maximiser la puissance de sortie. C'est un outil d'experimentation très pratique qui permet la compréhension du fonctionnement des éoliennes de taille réelle.

Une section entière du Manuel d'Experimentation est dédiée à l'éolienne WindPitch pour diverses éxperiences :

- mesurer les tours par minute
- l'efficacité des éoliennes
- les réglages pour une puissance maximale
- ajouter de deux à six pales
- régler l'inclinaison des pales
- et plus…

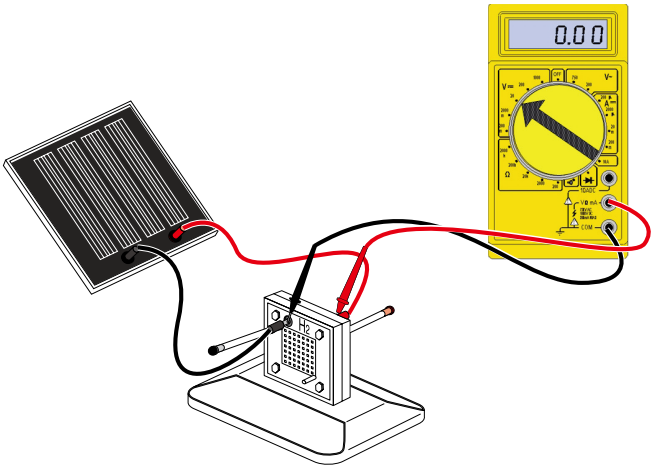
Utiliser le bon Ventilateur

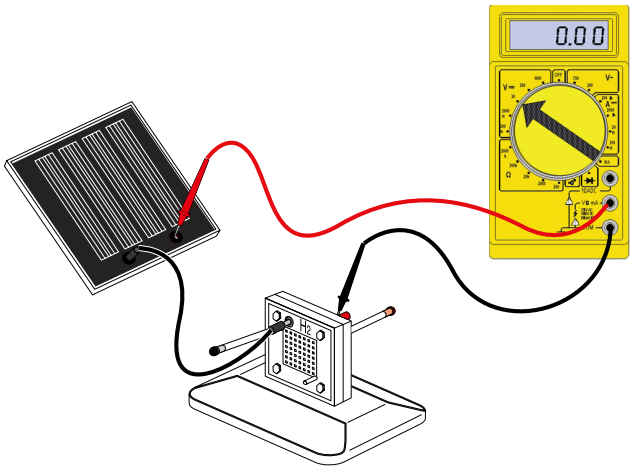
Pour obtenir la meilleure performance du WindPitch, vous devez utiliser le bon ventilateur. Voici une photo du meilleur type de ventilateur à utiliser. Le diamètre souhaité est de 50 cm et il devrait disposer de 3 vitesses de rotation commutables.

Adapter d'autres produits de Horizon pour effectuer les expériences

En plus du set d'enseignement des énergies renouvelables, Horizon offre différents autres produits qui peuvent être utilisés pour les expériences décrites ici. Il s'agit des sets suivants :

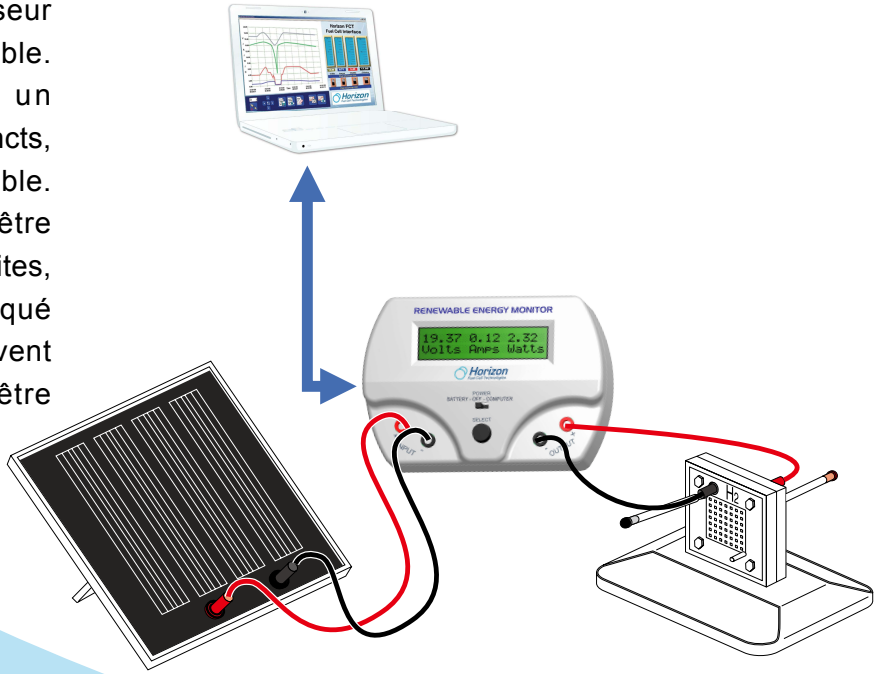
- **Set d'enseignement de l'hydrogène produit par le solaire photovoltaïque**
- **Set d'enseignement de l'hydrogène produit par énergie éolienne**
- **Hydrocar – mini voiture fonctionnant à l'hydrogène**
- **Fuel Cell car – mini voiture fonctionnant à l'hydrogène**



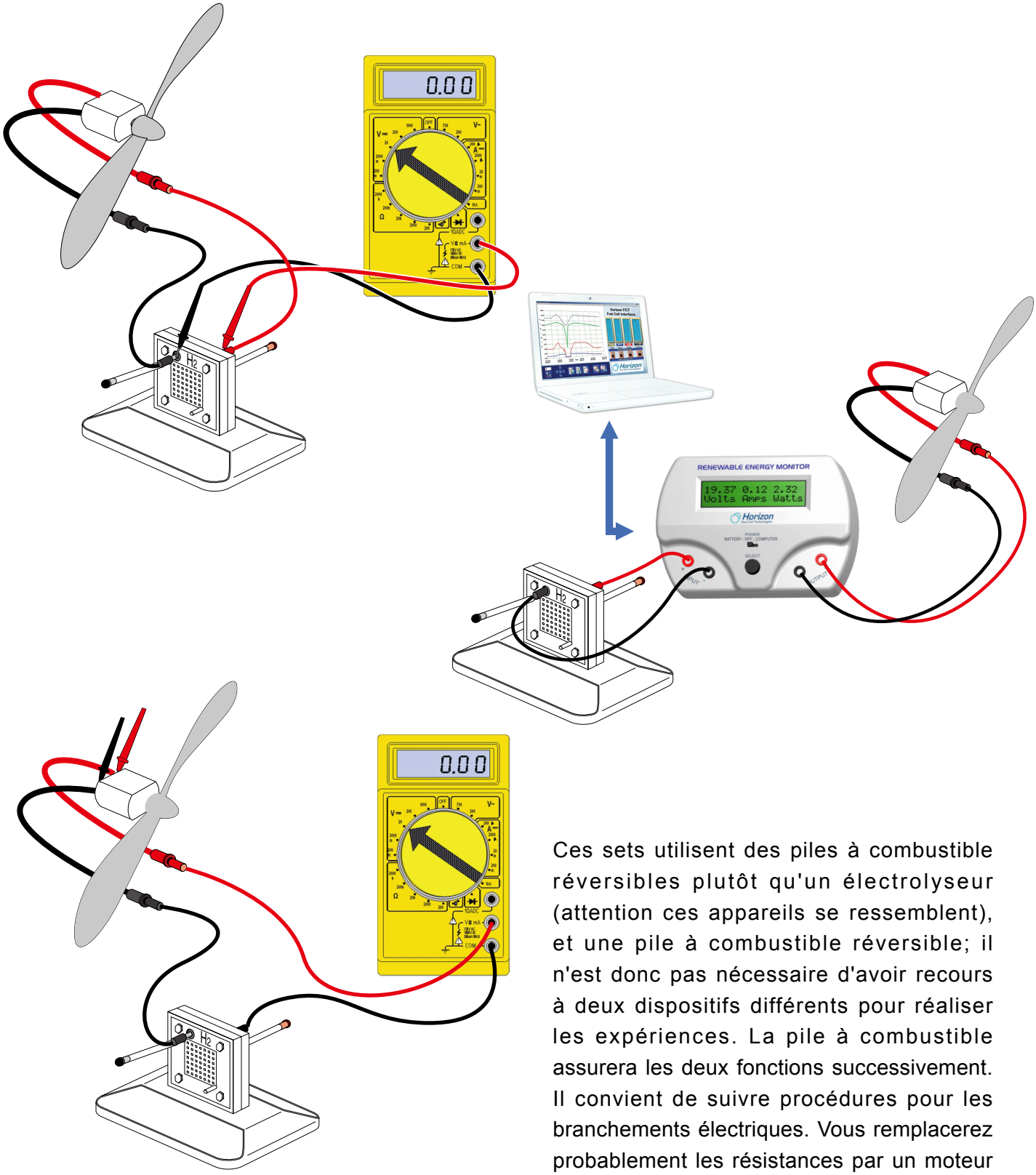


Préparation pour l'électrolyse

Lorsqu'il est nécessaire de mesurer la tension (V) et le courant (I), retirer légèrement les fiches bananes afin de faire apparaître une section de la partie métallique des deux fiches, afin de pouvoir établir un contact avec les sondes du multimètre. (Cette opération n'est pas requise avec l'accessoire de mesures). Assurez vous que le contact est encore bien établi entre la fiche banane et les prises de la pile à combustible. Nous avons ici affaire à une pile à combustible réversible, qui opère comme électrolyseur aussi bien que comme pile à combustible. Les autres expériences décrivent un procédure utilisant deux dispositifs distincts, un électrolyseur et une pile à combustible. La pile à combustible réversible peut être utilisée pour toutes les expériences décrites, en installant les appareils comme indiqué ci-dessous. Les pages suivantes décrivent une série d'expériences qui peuvent être réalisées à l'aide de ces accessoires..

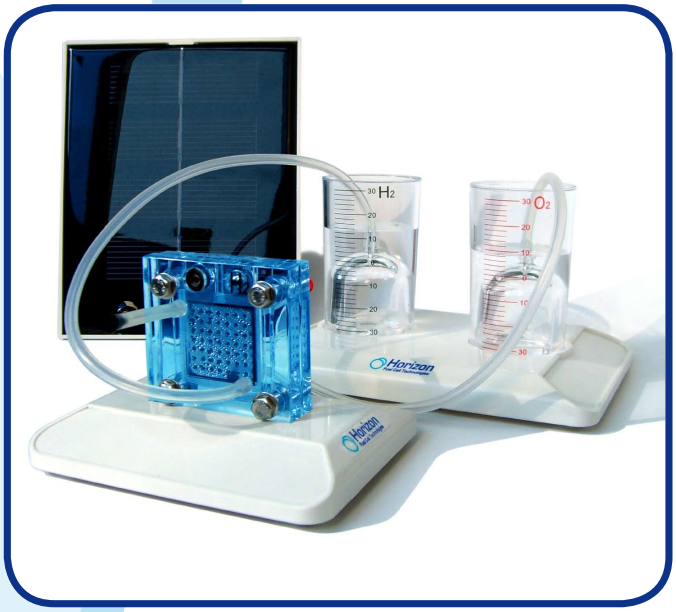


Préparation pour l'utilisation d'une pile à combustible réversible



Ces sets utilisent des piles à combustible réversibles plutôt qu'un électrolyseur (attention ces appareils se ressemblent), et une pile à combustible réversible; il n'est donc pas nécessaire d'avoir recours à deux dispositifs différents pour réaliser les expériences. La pile à combustible assurera les deux fonctions successivement. Il convient de suivre procédures pour les branchements électriques. Vous remplacerez probablement les résistances par un moteur électrique -ventilateur pour certaines expériences.

Set d'enseignement hydrogène solaire



Les expériences suivantes peuvent être effectuées en substituant simplement le panneau solaire photovoltaïque livré avec ce set, par un boîtier de batteries de 3 volts. Une expérience au moins a déjà utilisé de l'énergie provenant du panneau solaire pour réaliser l'électrolyse; la décomposition de l'eau en hydrogène et en oxygène.

Mode electrolyse : production d'hydrogène et d'oxygène à partir d'eau et d'énergie solaire.

Mode pile à combustible : production d'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène.

Détermination de la tension minimum requise pour décomposer l'eau par électrolyse

Etats de polarisation des piles à combustible à hydrogène (PEM).

Set d'enseignement hydrogène éolien

Les expériences suivantes peuvent êtres effectuées à l'aide de quelques accessoires additionnels, tels que des résistances, des fils
électriques, prises banane, et elles faciliteront la compréhension de la technologie des éoliennes, et comment le dimensionnement des pales du rotor influence la quantité d'énergie électrique produite.

Quel est le nombre de pales optimal?

Utiliser trois profils de pales différents

Utiliser des pales construites par vous-même

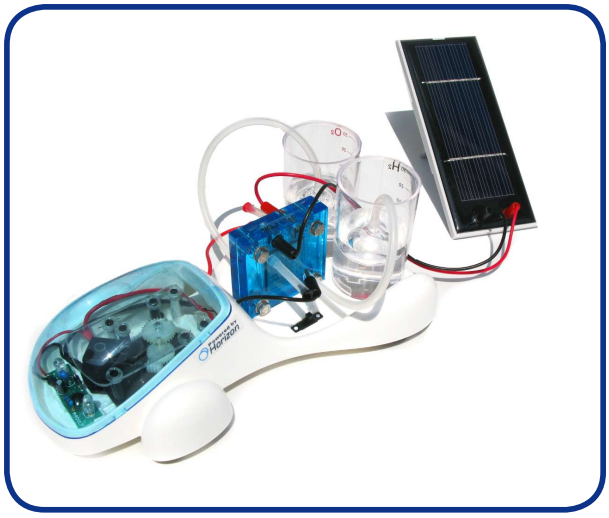
Rendement des Éoliennes

Mesurer les tours par minute

Réglages pour une puissance maximale

Utiliser l'énergie éolienne pour produire de l'hydrogène

Set d'enseignement Hydrocar



Les expériences suivantes peuvent être réalisées en substituant simplement le boîtier de batteries de 3 Volts par le panneau solaire photovoltaïque livré avec le set. Une expérience utilise déjà le panneau solaire photovoltaïque pour effectuer l'électrolyse. Il suffit de connecter le panneau solaire directement à la pile à combustible réversible, sans passer par la platine de branchements, mais en prenant soin de respecter la polarité.

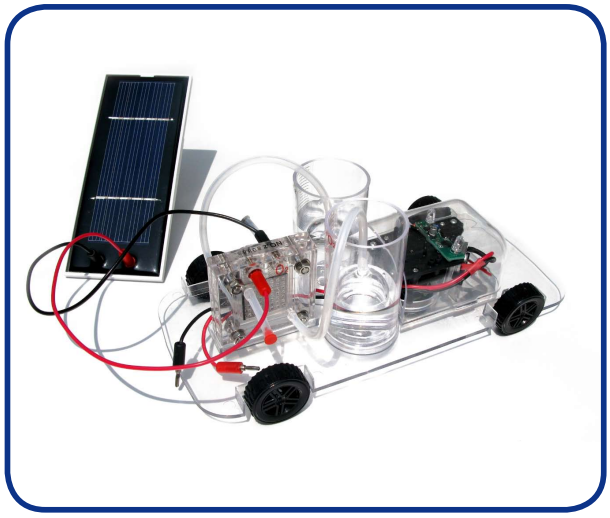
Mode électrolyse : Production d'hydrogène et d'oxygène à partir d'eau et d'énergie solaire

Mode pile à combustible : production d'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène

Détermination de la tension minimum requise pour décomposer l'eau par électrolyse.

Etats de polarisation des piles à combustible à hydrogène (PEM)

Set d'enseignement Voiture mue par pile à combustible



Les expériences suivantes peuvent être effectuées en remplaçant simplement le pack de batteries de 3 Volts par le panneau solaire photovoltaïque livré avec le set. Connecter simplement le panneau solaire directement à la pile à combustible réversible, sans passer par la platine de branchements, mais en prenant soin de respecter la polarité.

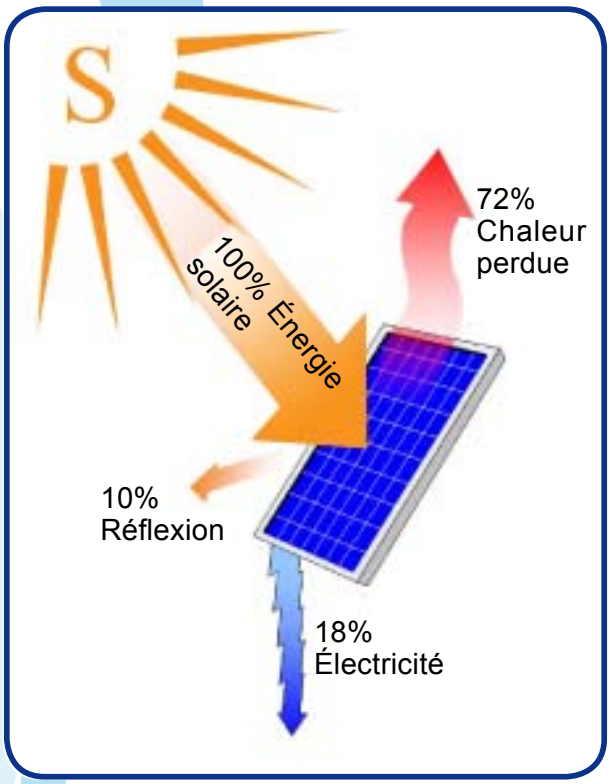
Mode d'électrolyse : Production d'hydrogène et d'oxygène à partir d'eau et d'énergie solaire

Mode pile à combustible : production d'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène

Détermination de la tension minimum requise pour décomposer l'eau par électrolyse.

Etats de polarisation des piles à combustible à hydrogène (PEM)

L'effet de la chaleur sur les panneaux solaires photovoltaïques



Contenu de la leçon

Cette leçon démontre comment un panneau solaire photovoltaïque réagit à la chaleur radiante du soleil ou d'une lampe à incandescence et la diminution du rendement qui résulte de cet échauffement.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront puis analyseront les valeurs mesurées.
- Les étudiants observeront l'effet photovoltaïque du rayonnement solaire ou d'une lumière artificielle permettant de produire de l'électricité.
- Les étudiants découvriront comment le rendement d'un panneau solaire photovoltaïque évolue en fonction de la température.
- Les étudiants effectueront des recherches sur internet pour compléter l'information concernant l 'effet photovoltaïque.

Résultats attendus

les étudiants découvriront que la chaleur provoque une diminution du rendement d'un panneau solaire photovoltaïque et que le vent peut dissiper la chaleur et permettre le retour au rendement nominal.
Les étudiants comprendront que :

1. le vent ou une bonne aération peut dissiper la chaleur du panneau solaire photovoltaïque et en améliorer le rendement.
2. L'efficacité du panneau solaire photovoltaïque (sa faculté de convertir la lumière en électricité) est altérée par la chaleur et améliorée par le refroidissement.
3. Les panneaux solaires photovoltaïques ont une meilleure performance par temps froid que par temps chaud.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants installent un panneau solaire photovoltaïque en pleine lumière solaire ou sous une lampe à incandescence pour réchauffer le panneau solaire. Ils enregistrent les données électriques à différents intervalles de temps pour déterminer à quel rythme le panneau solaire voit son rendement se détériorer. Les étudiants refroidissent ensuite le panneau solaire photovoltaïque grâce à un ventilateur et découvrent l'amélioration du rendement du panneau PV. Les données électriques sont également enregistrées durant le cycle de refroidissement. Les étudiants analysent ensuite les données recueillies et expliquent le résultat de l'expérience.

Securité

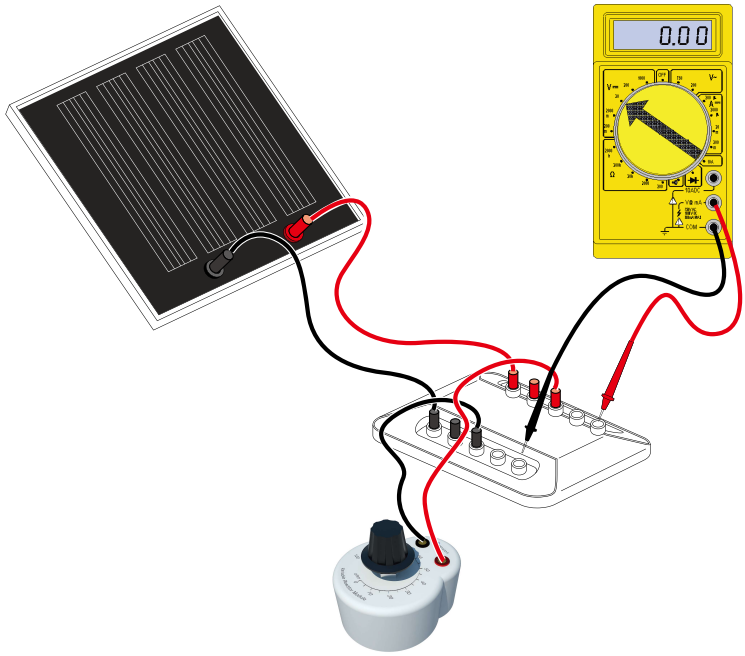
Toutes les précautions doivent être prises lorsque l'on utilise une lampe à incandescence pour réchauffer et éclairer le panneau solaire photovoltaïque. Ne pas trop approcher la lampe de la surface du panneau solaire car son échauffement excessif peut faire fondre la matière plastique qu'il contient. Attention surtout à ne pas se brûler au contact de la lampe à incandescence !

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

1 – panneau solaire photovoltaïque
1 – lampe de bureau à incandescence
1 – ventilateur de bureau
1– potentiomètre de 100 Ohm
2– un câble électrique de couleur rouge
2 – un câble électrique de couleur noire
1 – platine de branchements électrique

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Prendre garde de ne pas surchauffer le panneau solaire et ne toucher aucun objet brûlant !

1. Régler le potentiomètre à 10 Ohm
2. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC (courant continu) sur une échelle de 5 Volts DC minimum.
3. S'assurer que le panneau solaire photovoltaïque est à la température ambiante au début de l'expérience.
4. Placer la lampe à incandescence au dessus du panneau solaire (environ 18 cm) puis allumer la lumière.
5. Mesurer immédiatement et noter la valeur de la tension V produite par le panneau PV pendant que celui-ci est encore à la température initiale.
6. Attendre 30 secondes et effectuer une deuxième mesure, noter le résultat.
7. Répéter cette mesure à intervalle de 30 secondes, durant 3 minutes.
8. Placer le ventilateur de bureau en direction du panneau solaire et le faire tourner à pleine vitesse.
9. Mesurer immédiatement et noter la valeur de tension V produite par le panneau PV
10. Attendre 30 secondes, et effectuer une nouvelle mesure de la tension V
11. Répéter ces mesures à un intervalle de 30 secondes, durant 3 minutes.

Traitement des données

Les étudiants notent les valeurs de tension mesurées dans le tableau ci-dessous. Ils calculent ensuite le courant et la puissance, sachant que la résistance branchée dans le circuit a une valeur de 10 ohms. Se référer au « guide d'expérimentation » section "loi d'Ohm" pour les détails concernant la marche à suivre.

Sans ventilateur – réchauffement progressif

Temps	Volts	Ampères	Watts
0 sec			
30 sec			
60 sec			
90 sec			
120 sec			
150 sec			
180 sec			

Avec ventilateur – refroidissement progressif

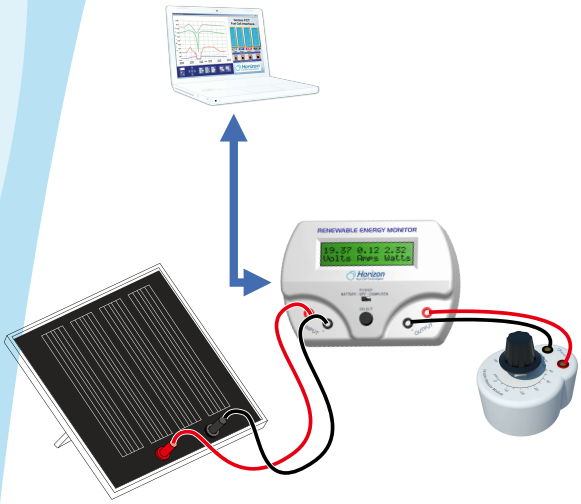
Temps	Volts	Ampères	Watts
0 sec			
30 sec			
60 sec			
90 sec			
120 sec			
150 sec			
180 sec			

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesure et logiciel Horizon (FCJ-24)

Equipement

1 – panneau solaire photovoltaïque
1 – lampe de bureau à incandescence
1 – ventilateur de bureau
1 – potentiomètre 100 ohm
2 – câble électrique rouge
2 – câble électrique noir

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne pas surchauffer le panneau solaire ni le toucher quand il devient chaud!

1. Positionner l'interrupteur du **Moniteur d'Energie Renouvelable** sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.

3. Réglez le potentiomètre sur 10 ohms. Le panneau solaire doit être à la lumière pour que cela de produise.
4. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts. Assurez-vous que le panneau solaire soit à température ambiante pour commencer l'expérience.
5. Positionnez la lampe de bureau au-dessus du panneau solaire et allumez la lumière.
6. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
7. Répétez ce mesurage et cet enregistrement toutes les 30 secondes pendant 3 minutes.
8. Braquez un ventilateur de table vers le panneau solaire et mettez-le à la vitesse maximale.
9. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
10. Répétez ce mesurage et cet enregistrement toutes les 30 secondes pendant 3 minutes.

Traitement des données

Faites inscrire à vos étudiants la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous :

Sans ventilateur – Réchauffement

Temps	mV	mA	mW
0 sec			
30 sec			
60 sec			
90 sec			
120 sec			
150 sec			
180 sec			

Avec ventilateur – rafraîchissement

Temps	mV	mA	mW
0 sec			
30 sec			
60 sec			
90 sec			
120 sec			
150 sec			
180 sec			

Analyse des résultats

A partir des données figurant dans les tableaux de mesures, les étudiants construisent un graphique montrant le temps en abcysses et la tension V en ordonnées, en commenACnt par les valeurs du premier tableau, puis du second.

Si vous avez utilisé le **Moniteur d'Energie Renouvelable** la courbe construite devrait ressembler au graphique ci-dessous (Fig 1). Le creux de la courbe, vers le centre provient de la perte de rendement provoquée par le réchauffement. Le rendement s'améliore dans la Partie droite du graphique, suite au refroidissement progressif du panneau PV.

Figure 1 – Les effets de la chaleur et du vent sur le panneau solaire peuvent être observés sur les graphiques et courbes de l'ordinateur. La chaleur fait baisser le débit de volts, du courant et de la puissance d'un panneau solaire tandis que l'air froid fait augmenter ceux-ci.

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes :

1) Quel serait l'effet de la pluie sur un panneau solaire photovoltaïque, suivie du retour du soleil ? Le panneau solaire PV produirait-il plus de puissance après une averse que s'il était resté constamment au soleil ?

2) Si votre panneau solaire était installé en altitude, dans les Montagnes Rocheuses du Colorado, votre panneau solaire produirait-il plus de puissance un jour ensoleillé en hiver que s'il était installé en Floride ?

Références dans le Guide d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent les pages suivantes du manuel afin de se préparer a effectuer des recherches additionnelles concernant cette expérience.

Page 22 – l'avion solaire Helios

page 27 – le spectre des ondes électromagnétiques

page 32 – les matériaux de fabrication des cellules solaires PV

Liens internet

Afin d'en savoir davantage concernant les cellules solaires photovoltaiques, les étudiants peuvent se rendre sur le site « how stuff works »

http://science.howstuffworks.com/solar-cell.htm

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches pour répondre aux questions suivantes :

1. Si un avion comme Helios, construit par Aerovironment était alimenté exclusivement par l'énergie solaire, combien de temps pourrait il rester en vol ? Voir page 22 du « manuel d'enseignement des énergies renouvelables ». Effectuer ensuite quelques recherches sur internet.
2. Quels nouveaux matériaux autres que le silicium sont ils capables de produire plus de puissance que le silicium ? Est-ce qu ces matériaux absorbent plus de lumière afin de produire de l'électricité ?
3. Pensez-vous que votre maison ou votre apPartieement pourrait être entièrement alimenté par l'énergie solaire ? Pensez-vous qu'il pourrait être seulement Partiellement alimenté par l'énergie solaire ? Ou pensez-vous que dans l'endroit où vous habitez l'énergie solaire n'est pas utilisable ?

Les effets de l'ombre sur un panneau solaire photovoltaïque

Contenu de la leçon

Cette leçon montre que les panneaux solaires photovoltaïques perdent une grande Partie de leur efficacité lorsqu'une Partie même moindre de leur surface est à l'ombre.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer cette expérience
- Les étudiants saisiront puis analyseront les données
- Les étudiants observeront l'effet photovoltaïque qui produit de l'électricité grâce au rayonnement solaire ou à celui d'une lumière artificielle
- Les étudiants découvriront que la couverture nuageuse ou l'ombre affectent le rendement des panneaux solaires PV
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires concernant ce sujet sur internet

Résultats attendus

Les étudiants constateront que l'ombre provoquée par des arbres ou par les nuages, ou d'autres objets provoque une perte disproportionnée du rendement des panneaux solaires et que ces ombres peuvent même induire des dommages permanents sur ces panneaux photovoltaiques.
Les étudiants découvriront que :

1. L'effet produit par l'ombre est comparable à celui d'un commutateur interne au panneau solaire qui serait capable de couper presque toute la puissance du panneau photovoltaïque.
2. L'effet de l'ombre portée sur une Partie d'un panneau solaire PV peut endommager celui-ci de manière définitive, si des protections ne sont pas installées dans le panneau.
3. Les panneaux solaires des satellites en orbite doivent être continuellement ré-orientés durant leur déplacement dans l'espace.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants mesurent les effets de l'ombre portée sur un panneau solaire photovoltaïque en plaçant celui-ci en pleine lumière pour commencer l'expérience. Ensuite, le panneau sera entièrement disposé à l'ombre en plaçant une serviette de papier entre la source de lumière et le panneau solaire afin de simuler une couverture nuageuse. La serviette de papier sera ensuite retirée, puis on couvrira une petite Partie de la surface du panneau à l'aide d'un objet opaque (comme une feuille de papier) tout en maintenant la plus grande Partie de la surface du panneau éclairée. Lors de chaque étape les étudiants mesureront la tension de sortie du panneau solaire photovoltaïque, ainsi que le courant et la puissance afin de permettre l'analyse ultérieure du phénomène.

Securité

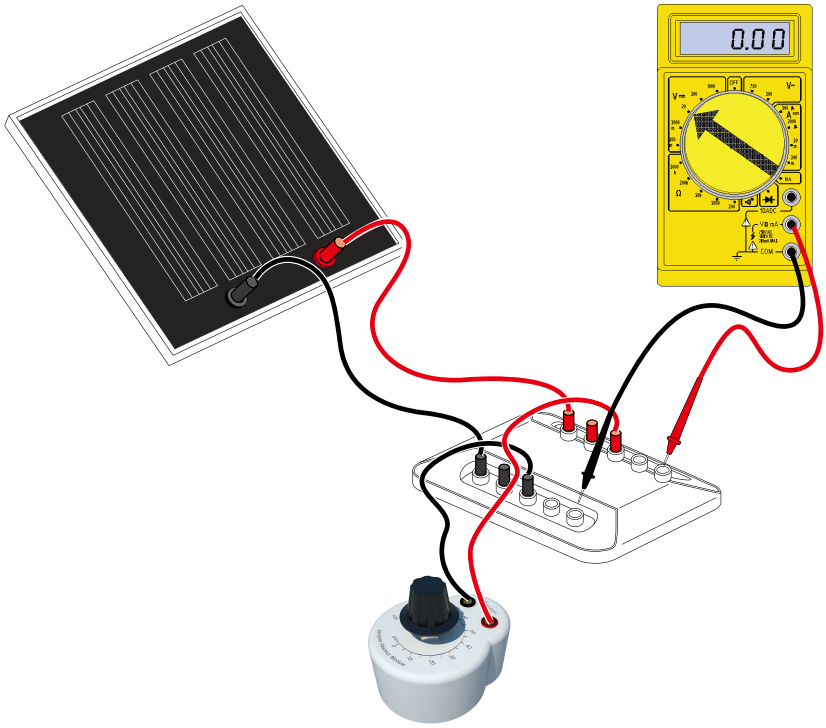
Les précautions d'usage doivent être prises lorsque l'on éclaire un panneau solaire à l'aide d'une lampe à incandescence. Il convient de s'assurer de ne pas surchauffer la surface du panneau solaire car ses composants plastiques pourraient fondre. Attention surtout à ne pas se brûler au contact des objets très chauds.

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

1 – panneau solaire photovoltaïque
1 – lampe de bureau à incandescence
1 – potentiomètre de 100 Ohm
2 – câble électrique de couleur rouge
2 – câble électrique de couleur noire
1 – platine de branchements électriques

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention : ne pas surchauffer le panneau solaire et surtout éviter de se brûler au contact d'objets surchauffés

1. Régler le potentiomètre à 10 Ohm
2. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC, sur une échelle de 5 V DC minimum
3. Placer la lampe de bureau au dessus du panneau solaire et allumer l'ampoule – ou placer le panneau en plein soleil, ce qui est plus favorable
4. Mesurer puis noter la tension (Volts)
5. Placer une feuille simple d'une serviette de papier entre la source de lumière et la surface du panneau solaire, de manière à ombrager toute la surface du panneau solaire. Une Partie de la lumière doit cependant filtrer à travers la fine feuille de papier comme ceci est le cas à travers une couche de nuages.
6. Mesurer puis noter la tension (Volts)
7. Retirer la serviette de papier
8. Poser une feuille de papier (normal) directement sur la surface du panneau solaire en ne recouvrant qu'un quart de la surface de celui-ci. (voir figure 1)
9. Mesurer puis noter la tension (Volts)

Figure 1 – feuille de papier recouvrant un quart de la surface du panneau solaire PV

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs mesurées dans le tableau ci-dessous. Ensuite, ils calculent le courant et la puissance, connaissant la valeur de la résistance électrique placée dans le circuit (10 Ohms). Se référer au «Guide d'expérimentations» pour des informations complémentaires concernant la méthode de calcul.

Étape	Volts	Ampères	Watts
Lumière directe			
Nuageux			
A l'ombre			

Efffectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesures (Horizon FCJJ-24)

Equipement

1 – panneau solaire photovoltaïque
1 – lampe de bureau à incandescence
1 – potentiomètre 100 ohm
2 – câble électrique de couleur rouge
2 – câble électrique de couleur noire

Installation de l'équipement

Effectuer l'expérience

Attention: Ne pas surchauffer le panneau solaire ni le toucher quand il devient chaud!

1. Positionner l'interrupteur du **Moniteur d'Energie Renouvelable** sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.
3. Réglez le potentiomètre sur 10 ohms. Le panneau solaire doit être à la lumière pour que cela de produise.
4. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
5. Positionnez la lampe de bureau au-dessus du panneau solaire et allumez la lumière – ou placez le panneau à la lumière directe du soleil, ce qui est mieux.
6. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
7. Placez un mouchoir en papier entre la source de lumière et le panneau solaire pour faire de l'ombre sur la totalité du panneau, mais ayez assez de lumière basse, comme si c'était une journée nuageuse.
8. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
9. Otez le mouchoir.
10. Appliquez une feuille de papier standard directement sur un quart (1/4) du panneau solaire pour complètement recouvrir cette portion. Référez vous à la figure 2.
11. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.

Figure 2
feuille de papier recouvrant un quart de la surface du panneau solaire PV

Traitement des données

Faites inscrire à vos étudiants la tension, le courant et la puissance dans le tableau ci-dessous :

Étape	Volts	Ampères	Watts
Lumière directe			
Nuageux			
A l'ombre			

Analyse des résultats

Les étudiants utilisent les valeurs de puissance (Watts) du tableau pour calculer les pourcentages de perte de puissance due à « la couverture nuageuse » (étape 5), puis due à la couverture Partielle du panneau PV par la feuille de papier (étape 8).
Voici un exemple de la manière d'effectuer ces calculs :
% de perte de puissance = (étape 1 / étape 5) x 100
% de perte de puissance = (étape 1 / étape 8) x 100

Si vous avez utilisé le **Moniteur d'Energie Renouvelable** vous pouvez observer clairement les proportions de tension, de courant et de puissance perdus dans le ACdre des deux tests (Figure 3). Ce graphique montre que la couverture Partielle du panneau PV est presque aussi nuisible pour le rendement que la couverture « nuageuse » totale. Le graphique montre tout d'abord la tension, le courant et la puissance situés à un haut niveau (1). Ensuite on observe une chute vers le niveau le plus bas lorsque l'entier du panneau PV se trouve à l'ombre de la serviette de papier (2). On retrouve alors les valeurs initiales (3) puis les valeurs chutent de nouveau lorsque l'on recouvre Partiellement le panneau PV par la feuille de papier. (4)

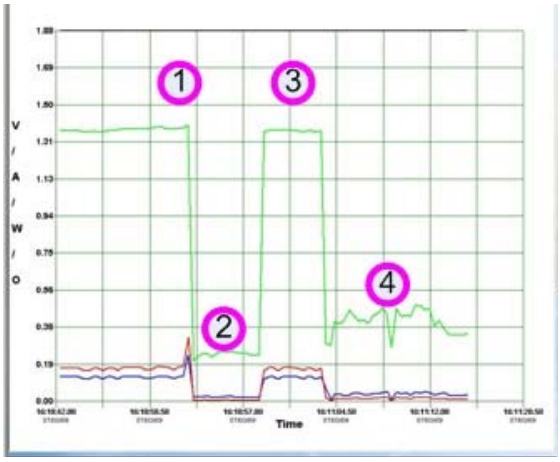


Figure 3 – Graphique des effets de l'ombre sur le panneau solaire PV

Suggérer aux étudiants de se représenter le panneau solaire PV comme étant constitué d'un ensemble de cellules solaires PV connectées en « série »- ce qu'il est en réalité. Lorsque l'une des cellules PV est à l'ombre elle coupe l'alimentation des autres cellules. Ceci ressemble aux guirlandes lumineuses de décoration, si l'une des ampoules est défectueuse, toutes les ampoules de la série s'éteignent également. La figure 4 représente la structure interne d'un panneau solaire PV . Chacune des étoiles jaunes représente une cellule PV éclairée par le soleil. Lorsque toutes les cellules sont éclairées, elles représentent un circuit ininterrompu, avec tous les commutateurs sur « marche ».

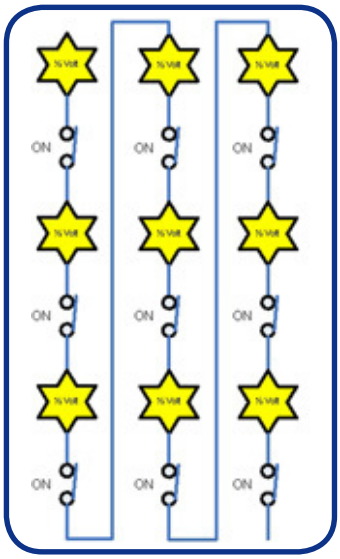


Figure 4 – Toutes les cellules PV éclairées

La figure 5 représente ce qui se passe lorsque une seule cellule PV est à l'ombre. Tout le circuit est coupé et aucun courant électrique ne peut circuler. Ce qui est plus grave est que les cellules PV qui sont éclairées surchauffent car elles cherchent un moyen d'évacuer l'énergie qu'elles reçoivent. Ce phénomène détériore les cellules PV éclairées et peut détruire l'ensemble du panneau solaire photovoltaïque.

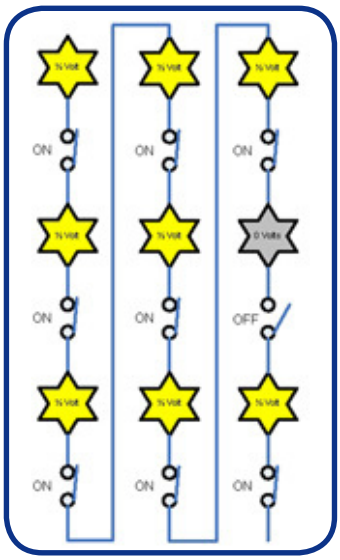


Figure 5 – Une seule cellule PV est à l'ombre

Pour en savoir plus concernant les techniques de construction des panneaux solaires photovoltaïques, se référer au « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables » (Page 25 – principes de fonctionnement et caractéristiques).

Hypothèses

Les étudiants débattent les questions suivantes :

1, Si vous étiez un ingénieur en techniques spatiales vous devriez vous assurer que tous les panneaux solaires soient constamment éclairés alors que le satellite orbite autour de la terre. Ceci permettrait à tout l'équipement électronique du satellite d'être alimenté en électricité et éviter tout dommage aux panneaux solaires PV. Vous pouvez supposer que les panneaux solaires sont orientés à l'aide de moteurs électriques. Si vous observez la photographie du satellite de la figure 6, vous constaterez que la moitié des panneaux solaires sont éclairés alors que les autres sont à l'ombre. Avez vous une idée sur les mesures à prendre afin qu'ils soient tous éclairés ?

Figure 6 – satellite en orbite

2. Si vous disposiez d'un panneau solaire sur votre maison et que la neige tombe sur ce panneau. Quel serait selon vous l'effet de cette neige sur la puissance de sortie lorsque le soleil serait de retour ? Que penser de la situation où, comme sur la photographie de la figure 7, une Partie de la neige fondait mais que certaines Parties de la surface du panneau PV étaient toujours recouvertes de neige ?

Figure 7 – la neige sur un panneau solaire PV

Liens internet

Pour en savoir plus concernant l'effet de l'ombre sur les panneaux solaires photovoltaïques, visiter les sites internet suivants :

http://www.greenlivintips.com/articles/237/1/solar-panel-basics.html

http://www.freesunpower.com/solarpanels.php

Effectuer des recherches complémentaires

1. Si votre maison devait être équipée de panneaux solaires PV, pour fournir un complément d'énergie électrique, comment placeriez-vous ces panneaux de manière à ce qu'ils ne se trouvent jamais à l'ombre comme sur la figure 8 ci-dessous ?

Si les étudiants maîtrisent la trigonométrie, ils peuvent calculer la distance à laquelle les panneaux doivent se trouver par rapport à un arbre, une cheminée, ou un immeuble voisin.

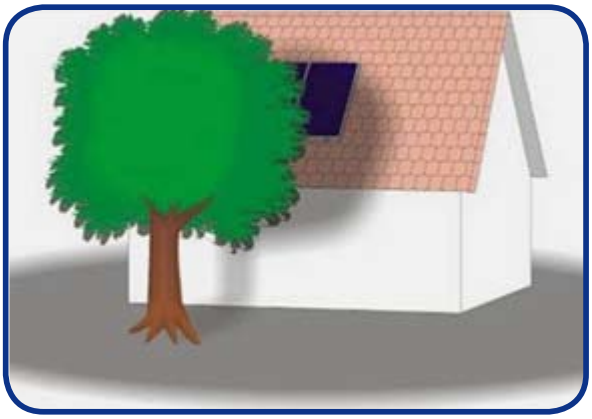


Figure 8 – Un arbre porte de l'ombre sur des panneaux solaires PV

2. Question de recherche avancée – la plupart de l'ombre portée sur des panneaux solaires provient des nuages. L'ombre réduit le flux de l'électricité produit par les panneaux solaires PV lorsque des nuages passent au dessus. Si les panneaux solaires sont reliés à une batterie d'accumulateurs, ces batteries peuvent stocker l'énergie produite lorsque le soleil brille, mais elles peuvent également restituer de l'énergie électrique lorsque les panneaux se trouvent à l'ombre . Si le panneau solaire produisait une puissance de 100 Watts en plein soleil, et de seulement 20 Watts sous l'ombre des nuages, quel pourcentage de temps de plein soleil et quel pourcentage de temps ombragé serait nécessaire afin de permettre aux batteries de délivrer constamment une puissance de 50 Watts ? Supposez que les batteries ont une capacité de 200 Ampères heures et qu'elles sont complètement chargées au début de l'exercice.

Figure 9 – Panneaux solaires photovoltaïques et nuages

3. Question de recherche avancée – Un composant électronique appelé diode peut prévenir la décharge d'une batterie de stockage vers les panneaux solaires qui lui sont connectés lorsque la tension aux bornes du panneau solaire PV diminue (la nuit ou en condition d'ombre), et devient inférieure à la tension des batteries. Cette diode agit comme une vanne, permettant le passage du courant uniquement des panneaux solaires vers les batteries et empêchant toute circulation de courant électrique des batteries vers les panneaux solaires.

Les étudiants examinent le schéma de circuit de la figure 10 pour voir comment une telle « diode de bloACge » est utilisée pour assumer cette fonction dans les installations réelles de panneaux solaires photovoltaïques. Les étudiants expliquent ce montage et plus partieculièrement le rôle de la diode.

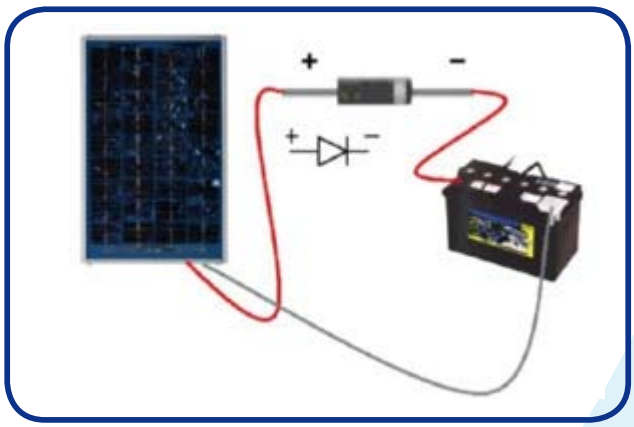


Figure 10 – diode de bloACge utilisée dans une installation de panneaux solaires avec batterie de stockage d'énergie électrique .

Les effets de l'angle d'inclinaison des panneaux solaires photovoltaïques

Contenu de la leçon

Cette leçon démontre comment les panneaux solaires photovoltaïques réagissent lorsque l'on change l'angle d'incidence de la lumière, que les rayons soient directs ou indirects , qu'ils proviennent du soleil ou d'une lumière artificielle.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants saisiront puis analyseront les données
- Les étudiants découvriront l'effet photovoltaïque produit par le rayonnement solaire ou celui d'une lumière artificielle
- Les étudiants observeront l'effet de la variation de l'angle d'inclinaison d'un panneau solaire photovoltaïque sur la puissance électrique produite
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires concernant ce sujet sur internet

Résultats attendus

Les étudiants découvriront que l'angle d'inclinaison d'un panneau solaire photovoltaïque influence de manière proportionnelle sa capacité à produire de l'électricité.

Les étudiants comprendront que :

1. Les panneaux solaires photovoltaïques doivent être inclinés correctement en fonction de la source de lumière pour obtenir un rendement optimum
2. L'angle d'inclinaison des grands panneaux solaires industriels dépend de leur situation géographique, ainsi que de la période de l'année
3. Un dispositif de « suivi du soleil » ou « un tracker » permet de conserver l'orientation du panneau solaire correcte tout au long de la journée et de l'année, afin d'obtenir le maximum de rendement de l'installation.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants ajustent l'inclinaison du panneau solaire photovoltaïque par rapport au soleil ou à la source de lumière artificielle; ils mesurent la tension, le courant et la puissance obtenue en plaçant une résistance électrique dans le circuit. Ils effectuent ensuite la corrélation entre les différents angles d'inclinaison du panneau solaire et la variation des paramètres électriques mesurés à sa sortie. Ils peuvent ainsi déterminer l'angle d'inclinaison optimum pour tout panneau solaire photovoltaïque industriel pour leur situation géographique et la période de l'année. Ils analysent et expliquent les résultats obtenus. Le principe du dispositif de suivi du soleil ou « sun tracker » leur est expliqué.

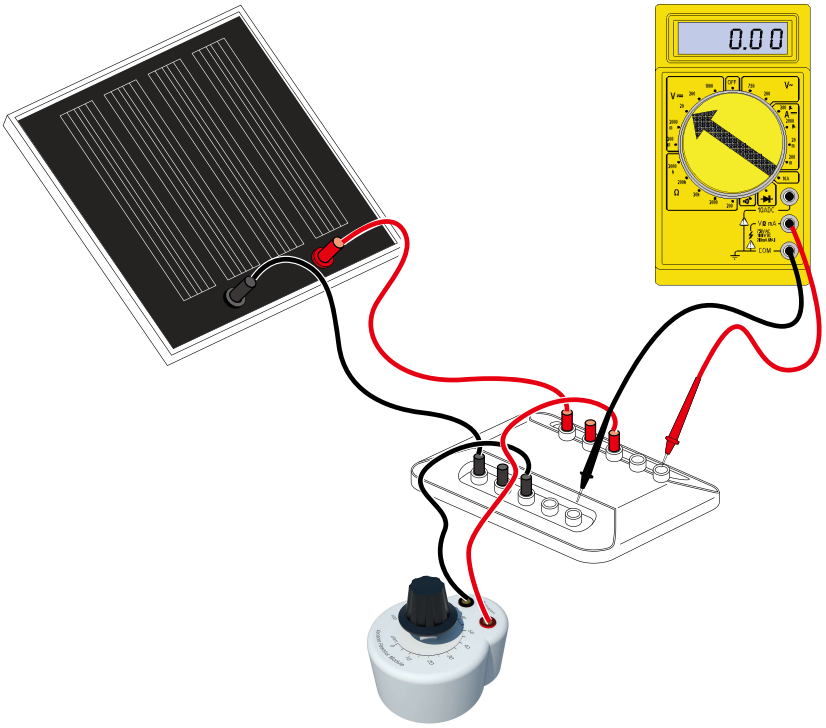
Securité

Les précautions usuelles doivent être respectées lorsque l'on utilise une lampe à incandescence, telle qu'une lampe de bureau pour éclairer un panneau solaire. Il convient de s'assurer de ne pas surchauffer le panneau solaire, car la matière plastique qui le constitue pourrait fondre. Prendre garde surtout à ne pas se brûler au contact des surfaces très chaudes.

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

1.– panneau solaire photovoltaïque
1 – lampe de bureau à incandescence
1 – potentiomètre de 100 Ohm
1 – rapporteur d'angles
2 – câble électrique de couleur rouge
2 – câble électrique de couleur noire
1 – platine de branchements électriques



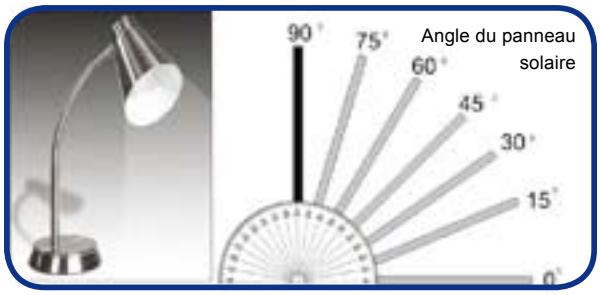
Effectuer l'expérience

Attention : ne pas surchauffer le panneau solaire photovoltaïque et ne toucher aucune surface chaude au risque de se brûler

1. Régler le potentiomètre à 10 ohms
2. placer le commutateur du multimètre en position Volts DC sur une échelle de 5 V DC minimum
3. les étudiants ajustent l'angle d'inclinaison du panneau solaire photovoltaïque successivement selon sept angles différents entre 0 et 90 degrés par intervalles de 15 degrés.

Pour chaque position angulaire, la tension et le courant seront mesurés et notés.

4. Placer la lampe de bureau selon un angle d'environ 45 degrés par rapport au panneau solaire lorsque celui-ci est vertical. Ne plus modifier l'angle de la lampe durant l'expérience.
5. Modifier l'angle d'inclinaison du panneau solaire successivement vers 75, 60, 45, 30, 15 puis 0 degrés (horizontal). Mesurer et noter la tension (Volts) pour chacun de ces angles.



6. A l'aide du rapporteur d'angles, positionner le panneau solaire verticalement (90 degrés) par rapport à la surface de la table. Mesurer et noter la tension (Volts).
7. Modifier l'angle d'inclinaison du panneau solaire successivement vers 75, 60, 45, 30, 15 puis 0 degrés (horizontal). Mesurer et noter la tension (Volts) pour chacun de ces angles.

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs mesurées dans le tableau ci-dessous. Ils calculent le courant et la puissance, sachant que la résistance placée dans le circuit est de 10 Ohms. Se référer au « Guide d'expérimentation » pour plus d'information concernant la façon de procéder.

Angle	Volts	Ampères	Watts
90			
75			
60			
45			
30			
15			
0			

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesures

Equipement

1 – panneau solaire photovoltaïque
1 – lampe de bureau à incandescence
1 – potentiomètre 100 ohm
1 – rapporteur d'angles
2 – câble électrique de couleur rouge
2 – câble électrique de couleur noire

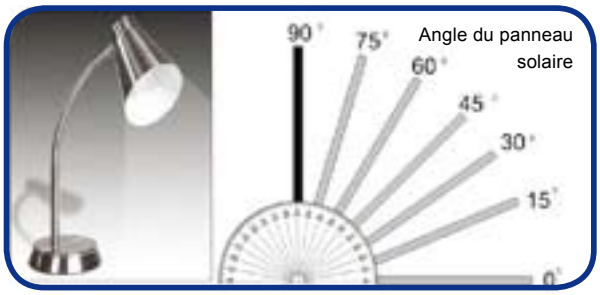
Installation de l'équipement

Effectuer l'expérience

Attention: Ne pas surchauffer le panneau solaire ni le toucher quand il devient chaud!

1. Positionner l'interrupteur du **Moniteur d'Energie Renouvelable** sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.

3. Réglez le potentiomètre sur 10 ohms. Assurez vous que le panneau solaire est plaçé à la lumière.
4. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts. Assurez-vous que le panneau solaire soit à température ambiante pour commencer l'expérience.
5. Les étudiants ajustent l'angle d'inclinaison du panneau solaire en 7 positions, de 90 degrés à 0 degrés, en 15 étapes. Pour chaque étape, la tension, le courant et la puissance sont enregistrés.
6. Réglez la lampe de bureau à une inclinaison d'environ 45 degrés, comme elle éclaire le panneau solaire quand celui-ci est vertical. Ne pas bouger la lampe pendant les différents réglages du panneau.



7. Utilisez le rapporteur pour mettre le panneau à un angle de 90 degrès (vertical à la table)
8. Enregistrez la tension, le courant et la puissance à 90°.
9. Changez l'angle du panneau solaire pour chacune des nouvelles positions à 75, 60, 45, 30, 15 et 0 degrés et enregistrez la tension, le courant et la puissance à chaque réglage.

Traitement des Données

Cliquez sur l'icône **Screen View** et faites défiler les images prises. Référez vous au **Guide d'expérimentation**, à la section des détails. Faites copier aux étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans le tableau ci-dessous :

Sans ventilateur – réchauffement

Angle	Volts	Ampères	Watts
90			
75			
60			
45			
30			
15			
0			

Analyse des résultats

Sur la base des valeurs du tableau, les étudiants tracent un graphique montrant la tension (V) , le courant (A) et la puissance (W) sur l'axe vertical et les différents angles sur l'axe horizontal.

Si vous avez utilisé le **Moniteur d'Energie Renouvelable** pour effectuer l'expérience, le graphique final obtenu devrait ressembler à celui de la figure 1 ci-dessous.

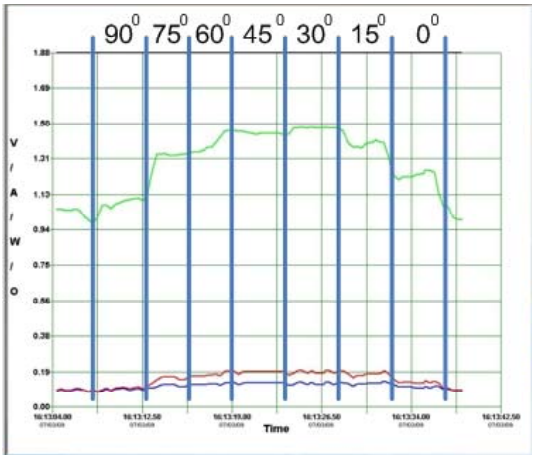


Figure 1 – Graphique montrant la tension, le courant et la puissance en fonction des différents angles

Comme on l'observe sur ce graphique, la tension maximum, le courant maximum et la puissance maximum sont obtenus lorsque l'angle d'inclinaison du panneau solaire est le même que celui de la source lumineuse. Lorsque les rayons lumineux provenant de la source arrivent perpendiculairement sur la surface du panneau solaire photovoltaïque.

Hypothèses

Les étudiants débattent au sujet des questions suivantes :

1. Si votre classe décidait d'installer un grand panneau solaire photovoltaïque sur votre école, quel serait son angle d'inclinaison fixe optimum pour obtenir le meilleur rendement de l'installation ?

La réponse dépend de deux paramètres : 1 – la position géographique de votre école , et 2 – la période de l'année

Premièrement, la situation géographique de votre école, ou plus précisément sa latitude doit être déterminée. La latitude de votre école représente l'angle sur lequel elle se trouve par rapport à l'Equateur , entre l'un des Pôles et l'Equateur selon que votre école se trouve dans l'hémisphère Nord ou l'hémisphère Sud. Pour notre exemple, nous supposerons que votre école se situe dans l'hémisphère Nord. Si votre école se trouve dans l'hémisphère Sud, il suffira d'inverser quelques angles.

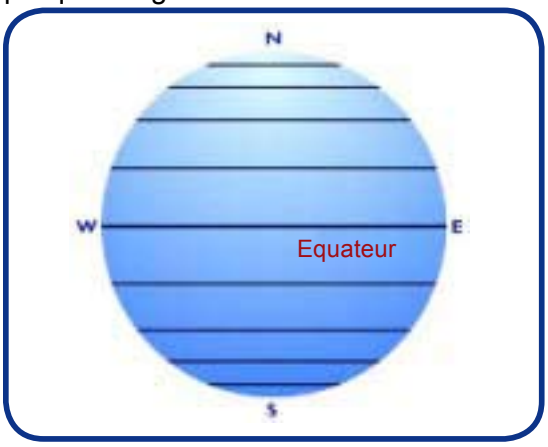


Figure 2 – Lignes de latitude (Parallèles)

La latitude est la distance entre soit le Pôle Nord, soit le Pôle Sud et l'Equateur, exprimée en degrés d'angle. Elle est de 0 degés si l'on se trouve sur l'Equateur et est de 90 degés si l'on se trouve à l'un des Pôles. La latitude dans l'hémisphère Nord est exprimée par un nombre positif, alors que dans l'hémisphère Sud elle est exprimée par un nombre négatif. Les lignes de latitude parcourent la terre sous la forme de cercles concentriques qui sont parralèles à la ligne de l'Equateur. Chaque degré de latitude est ensuite subdivisé en 60 minutes d'angle puis chaque minute en 60 secondes d'angle.

Pour trouver la latitude de votre école (et sa longitude), visitez le site internet suivant : http://itouchmap.comlatlong.html

Introduisez l'adresse de votre école. La latitude et la longitude correspondante seront affichées. Nous examinerons bientôt comment nous devrons varier l'angle d'inclinaison de nos panneaux solaires en fonction de la latitude.

Maintenant que vous connaissez la latitude de votre école, vous devez prendre en considération la période de l'année pour obtenir le meilleur rendement de votre

panneau solaire. Nous savons que le soleil se trouve plus haut dans le ciel en été et plus bas en hiver, comme le montre la figure 3 ci-dessous.

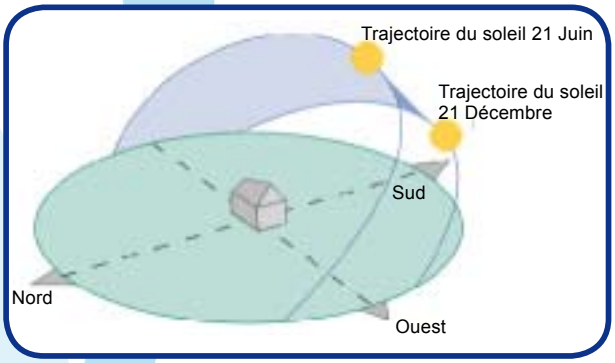


Figure 3 – trajectoires du soleil en été et en hiver

Ainsi, il semble que l'angle le plus adapté pour orienter notre panneau solaire se trouve entre la position apparente du soleil la plus haute et la position la plus basse. Vous pouvez vous baser sur la figure 4 pour déterminer l'angle d'inclinaison le plus propice. Ajouter ou déduire environ 15 degrés afin de trouver le meilleur compromis pour tenir compte de la saison.

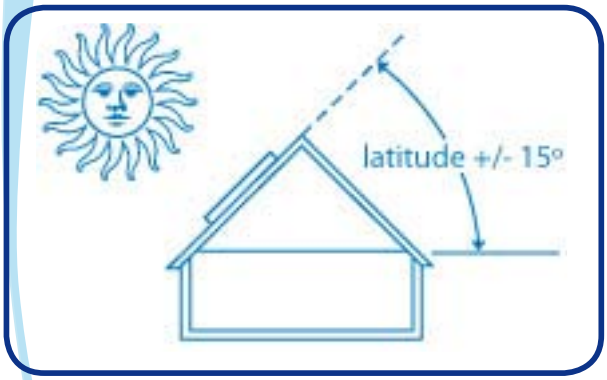


Figure 4 – trouver l'angle d'inclinaison optimum pour un panneau solaire en fonction de la saison

2. Maintenant, si l'on pouvait faire en sorte que le panneau solaire « suive » le déplacement apparent du soleil dans le ciel tout au long de la journée ? Il serait certainement possible de capter une plus grande Partie de l'énergie solaire disponible et de produire plus d'énergie électrique.

Il existe des dispositifs qui permettent d'assumer cette tâche, ce sont des dispositifs de poursuite du soleil ou « sun trackers »

Un « sun tracker » est un dispositif mécanique qui maintient le panneau solaire directement orienté vers le soleil tout au long de la journée, et pour certains modèles égalemetn tout au long de la saison. Le modèle de base est appelé «à un axe» car il ne fait que suivre le soleil d'est en ouest durant la journée. Les modèles plus sophistiqués « à deux axes » changent également l'angle d'inclinaison du panneau solaire en fonction de l'élévation apparente du soleil sur l'horizon durant la journée. La figure 5 ci-desous montre l'un de ces modèles.

Figure 5 - « sun tracker » à deux axes

Que se passerait-il si vous pouviez munir votre panneau solaire d'un «sun tracker» ? Quelle quantité d'énergie supplémentaire capteriez-vous comparativement à une installation dépourvue d'un tel dispositif ? Vous trouverez ces réponses sur internet. Utilisez simplement un moteur de recherche tel que Bing, Google ou Yahoo pour trouver la réponse.

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent les pages suivantes du manuel afin de préparer des recherches complémentaires.
Page 23 – Modèles de panneaux solaires photovoltaïques (PV)
Page 27 – Le spectre des ondes électromagnétiques

Liens internet

Pour en savoir plus concernant les cellules solaires, rendez-vous sur ce site :
http://science.howstuffworks.com/solar-cell.htm
Pour de l'information au sujet du rayonnement solaire dans votre région :
http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/redbook/atlas/
Pour déterminer l'angle d'inclinaison optimum dans l'endroit où vous habitez _
http://ocw.mit.edu/ans7870/SP/SP.769/f04/java/pvapplet/PVPanel.html

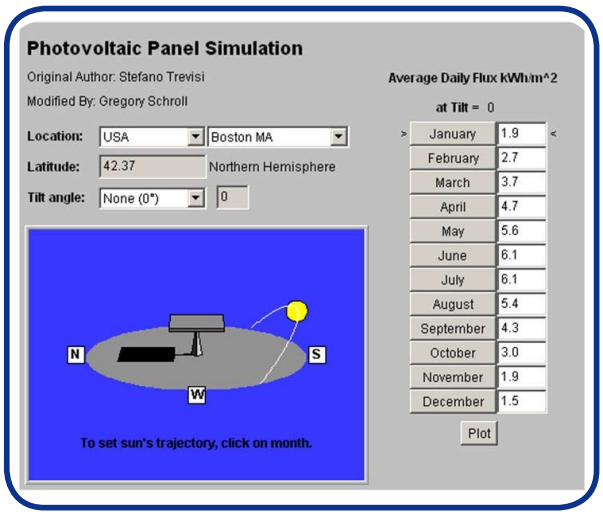


Figure 6 – Logiciel de simulation des panneaux solaires PV

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches concernant les installations photovoltaïques.

Deux catégories principales de systèmes photovoltaïques existent sur le marché aujourd'hui : les panneaux plats ou plans et les concentrateurs. Les deux systèmes nécessitent une orientation par rapport au soleil, mais les systèmes à concentration exigent un positionnement plus précis, donc un dispositif de poursuite du soleil pour fonctionner correctement.
Les panneaux plats sont les plus communs, ils sont constitués par une série de cellules solaires PV assemblées sur une structure plane et rigide pour capter le rayonnement solaire. Ce sont les panneaux solaire PV couramment installés sur les immeubles ou sur des charpentes spéciales.

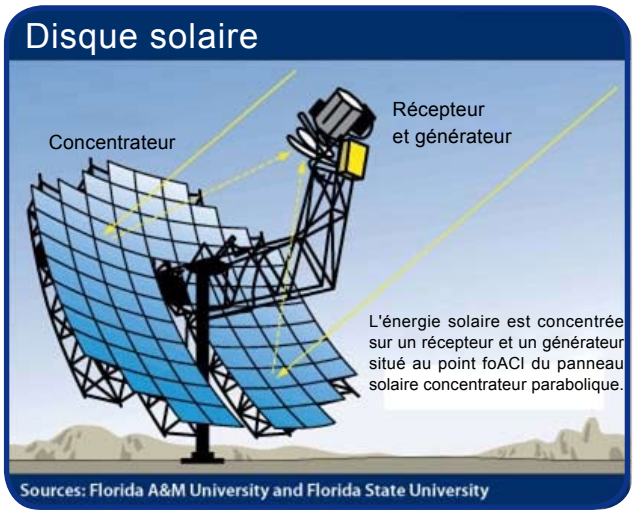
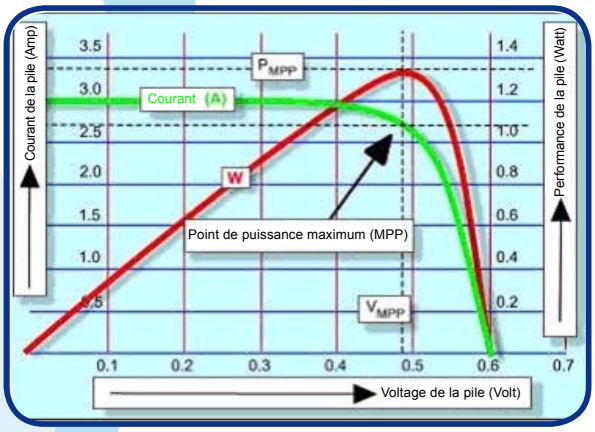


Figure 7 – Installation photovoltaïque à concentrateur parabolique.

Les concentrateurs de rayonnement solaire tels que celui représenté par la figure ci-dessus requièrent l'utilisation de miroirs ou de lentilles pour focaliser le rayonnement solaire sur une petite surface de cellules PV situées au foyer. Ces systèmes nécessitent beaucoup moins de matériaux semi-conducteurs et bénéficient d'un rendement supérieur . Lorsque ces installations sont munies d'un dispositif de poursuite du soleil à un ou à deux axes, on les appelle heliostats, « Heliostat Concentrator Photovoltaics , HCPV) ».
Bien que ces installations présentent de nombreux avantages, leur utilisation est relativement limitée à cause de leur coût élevé.

Recherche du point de puissance maximum d'un panneau solaire photovoltaïque



Contenu de la leçon

Cette leçon démontre le concept du Point de Puissance Maximum (MPP) d'un panneau solaire photovoltaïque; il s'agit du point de la courbe de rendement où le panneau est capable de fournir sa puissance maximum à la charge connectée dans le circuit. Le MPP varie en fonction de la charge et le placement du panneau, aussi est il important de savoir comment localiser ce point MPP, comment le maintenir durant l'utilisation afin que le panneau donne sa pleine puissance.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer cette expérience
- Les étudiants saisiront puis analyseront les données
- Les étudiants observeront l'effet photovoltaïque qui produit de l'électricité grâce au rayonnement solaire ou à celui d'une lumière artificielle
- Les étudiants apprendront à déterminer le point de puissance maximum d'un panneau solaire PV
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires concernant ce sujet sur internet

Résultats attendus

Les étudiants découvriront que le Point de Puissance Maximum (MPP) est obtenu lorsque la résistance est en équilibre avec la charge. Les étudiants feront varier la valeur de la résistance de la charge ainsi que l'inclinaison du panneau solaire pour obtenir la puissance maximum. Les étudiants constateront que :

1. La puissance maximum n'est pas atteinte lorsque la tension produite et la plus haute, ni lorsque l'intensité du courant est la plus forte, mais à un certain point, où la valeur de la tension et celle du courant se combinent pour produire la puissance maximum.
2. En plus des modifiACtion en fonction de la charge, le MPP du panneau solaire photovoltaïque varie en fonction de l'angle d'inclinaison.
3. Les voitures de course électriques mues par l'énergie solaire utilisent un dispositif électronique qui conserve toujours le panneau solaire PV à son point de puissance maximum. Ce dispositif permet de gagner des courses.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants connectent un panneau solaire photovoltaïque à une résistance. Ils ont la possibilité de connecter jusqu'à sept (7) résistances en parallèle afin de réduire la valeur résultante de la résistance, donc d'augmenter la charge. Cette augmentation sera effectuée par étape, afin de localiser le point de puissance maximum du panneau. Une fois que le MPP a été trouvé, le panneau solaire sera incliné selon différents angles, afin de voir si le MPP se déplace en fonction de l'angle d'inclinaison. Les mesures effectuées lors de ces exercices sont notées afin d'être analysées plus tard.

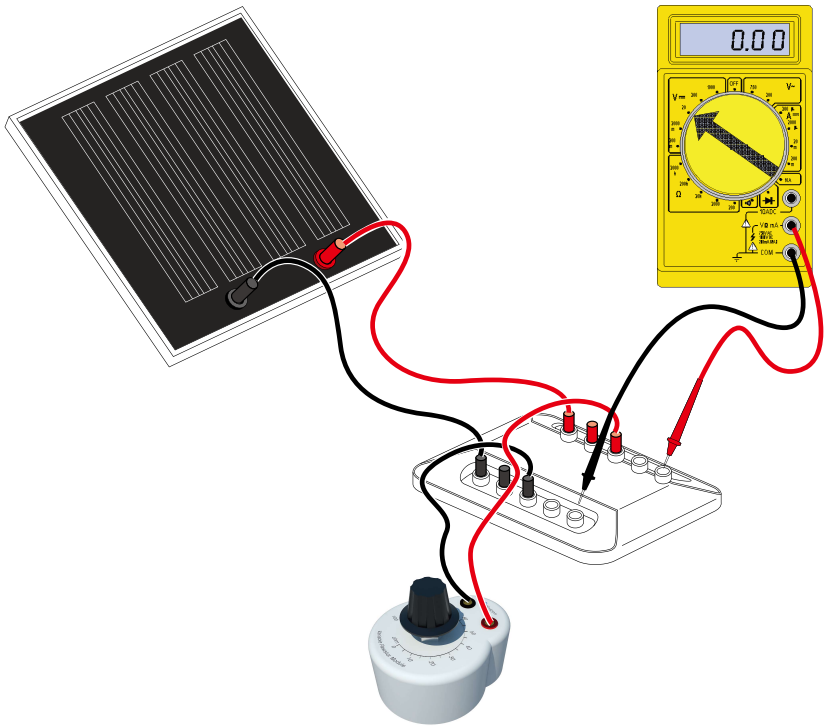
Securité

Les précautions d'usage doivent être prises lorsque l'on éclaire un panneau solaire à l'aide d'une lampe à incandescence. Il convient de s'assurer de ne pas surchauffer la surface du panneau solaire car ses composants plastiques pourraient fondre. Attention surtout à ne pas se brûler au contact des objets très chauds.

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

1 – Panneau solaire photovoltaïque
1 – Lampe de bureau avec ampoule de 60 watts minimum, ou lumière solaire directe
1 – Rapporteur d'angle
1 – potentiomètre de 100 Ohm
2 – Câble de connexion rouge
2 – Câble de connexion noir
1 – Platine de branchements



Installation de l'équipement

Effectuer l'expérience

Attention à ne pas surchauffer le panneau solaire et ne toucher aucun objet surchauffé afin d'éviter toute brûlure

1. Régler le potentiomètre à 100 ohms
2. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC, sur une échelle de 10 V DC minimum
3. Placer le panneau solaire à plat sur une table, face vers le haut.
4. Diriger la lampe de bureau directement en direction du panneau solaire (distance env 20 cm)
5. Mesurer et noter la tension (Volts)
6. Régler le potentiomètre à 50 omhs et mesurer la tension.
7. Répéter l'étape 6 pour des valeurs de 30, 25, 20, 15 et 10 ohms.
8. Incliner le panneau solaire à 45° degrés par rapport à la surface de la table.
8. Répéter les étapes 1 à 7, en mesurant et en notant la tension à chaque étape.

Traitement des données

Les étudiants notent les valeurs des mesures effectuées dans le tableau ci-dessous. Ils calculent ensuite le courant et la puissance en fonction de la valeur inscrite sur les résistances et en tenant compte de la combinaison en parallèle des résistances.

Panneau solaire horizontal

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			
25 ohms			
20 ohms			
15 ohms			
10 ohms			

Panneau solaire incliné à 45°

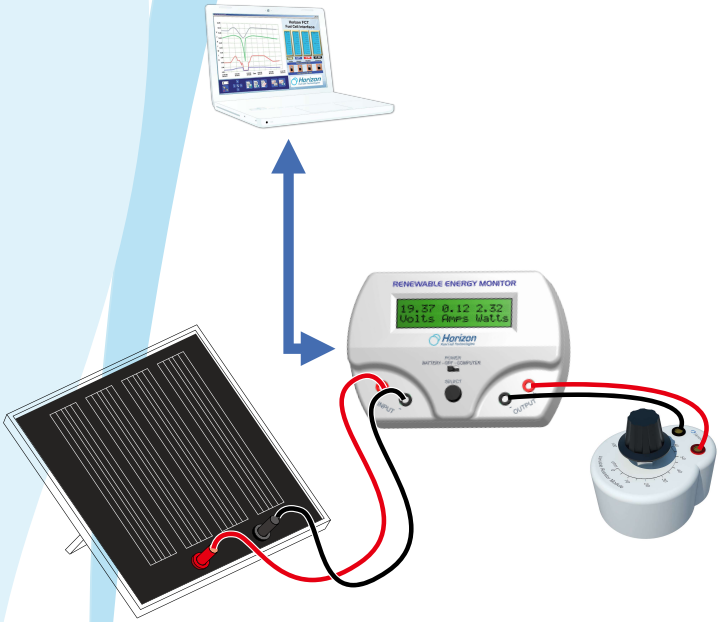
Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			
25 ohms			
20 ohms			
15 ohms			
10 ohms			

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesures

Equipement

1- Panneau solaire photovoltaïque
1- Lampe de bureau
1- Rapporteur d'angles
1- potentiomètre 100 ohm
2- Câble de connexion rouge
2- Câble de connexion noir

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne pas surchauffer le panneau solaire ni le toucher quand il devient chaud!

1. Positionner l'interrupteur du **Moniteur d'Energie Renouvelable** sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.

3. Réglez le potentiomètre sur 100 ohms. Assurez vous que le panneau solaire est placé à la lumière.
4. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts
5. Placez le panneau solaire à plat sur la table, face au plafond.
6. Orientez la lampe de table directement sur le panneau.
7. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
8. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.
9. Réglez le potentiomètre à 50 ohms. Le panneau solaire doit être à la lumière pour que cela de produise.
10. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
11. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
12. Répétez les étapes 8 à 11 pour 30, 25, 20, 15 et 10 ohms.
13. Inclinez le panneau solaire à 45 degrés de la table.
14. Répétez les étapes 1 à 12

Traitement des données

Faites inscrire à vos étudiants la tension, le courant et la puissance dans le tableau ci-dessous :

Panneau Solaire à plat

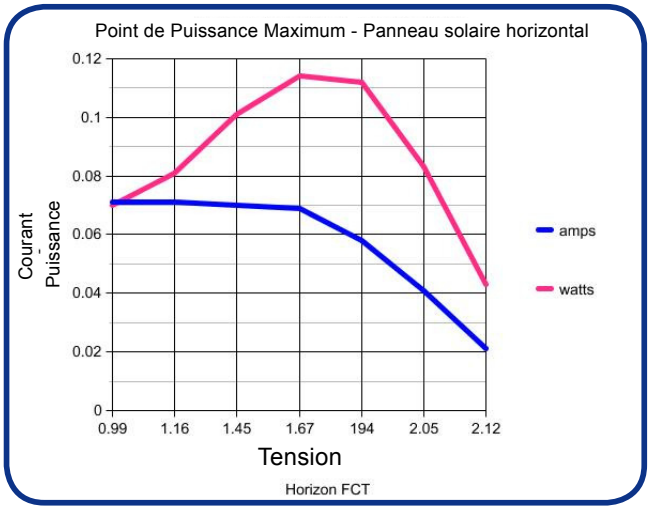
Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			
25 ohms			
20 ohms			
15 ohms			
10 ohms			

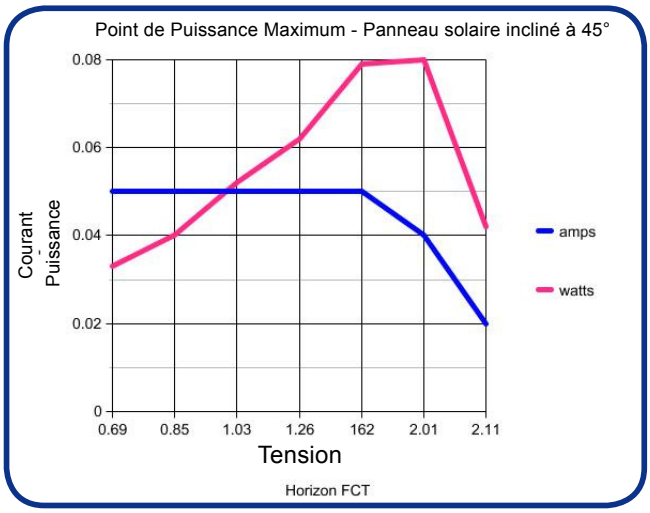
Panneau Solaire à 45°

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			
25 ohms			
20 ohms			
15 ohms			
10 ohms			

Analyse des résultats

Sur la base des mesures figurant dans les tableaux, les étudiants tracent deux graphiques. Ces graphiques montrent le courant et la puissance (axe vertical), en fonction de la tension (axe horizontal). L'un de ces graphiques montre les valeurs mesurées avec le panneau solaire PV posé horizontalement et le second graphique montre les valeurs mesurées avec le panneau solaire incliné à 45 degrés. Les graphiques obtenus devraient ressembler aux graphiques ci-dessous. Les données constituant ces graphiques on été saisies lorsque nous avons effectué l'expérience et en utilisant le logiciel disponible sur le site internet suivant :
http://nces.ed.gov/nceskids/createAgraph/





Ce que nous constatons en observant ces deux graphiques, c'est que le MPP se déplace en fonction de la position du panneau PV. Ceci est important si le panneau est monté sur un objet qui se déplace, comme une voiture, un bateau, un avion. Pensez à ce que l'avion solaire Helios doit faire comme manoeuvres afin de toujours se placer en fonction du MPP. Cet avion peut rester en l'air durant des semaines, ce qui implique qu'il puisse maintenir ses panneaux au Point de Puissance Maximum de manière efficace, tout le temps que dure le vol.

Figure 1 – L'avion solaire Helios

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes: Que se passerait-il si votre classe décidait de construire une voiture de course mue par l'énergie solaire ?

Vous savez que si vous vous contentiez de connecter le moteur électrique de la voiture à un panneau solaire photovoltaïque, probablement avec un interrupteur entre ces deux éléments afin de pouvoir vous arrêter et repartir, la puissance produite par le panneau solaire varierait en fonction du déplacement de la voiture. Vous avez pu constater ce fait lors de cette expérience. Avec un tel montage, la voiture accélérerait puis ralentirait sans aucun contrôle. En considérant que les mouvements d'une voiture sont trop aléatoires pour qu'un « dispositif de poursuite » du soleil puisse être efficace, quel genre de circuit pensez-vous qu'il conviendrait d'installer entre le panneau solaire PV et le moteur électrique afin de maintenir le Point de Puissance Maximum ?

Voici un indice, ce dispositif se nomme MPPT soit Maximum Power Point Tracker (Dispositif de suivi du point de puissance maximum). Vous pouvez trouver des informations relatives aux MPPT sur internet.

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants lisent l'information contenue dans les pages suivantes du «Manuel d'enseignement des énergies renouvelables», afin de se préparer à faire des recherches complémentaires.
Page 36 : Voiture solaire
Page 35 : Résoudre les problèmes posés par la propulsion solaire

Sites internet :

Pour en savoir plus concernant des véhicules mus par l'énergie solaire, voitures , bateaux, avions, visiter ce site :
http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_vehicle
Pour vous aider à répondre aux questions figurant sous le titre Hypothèses, voici un lien dédié aux voitures solaires :
http://en.wikipedia.org/wiki/solar_car_racing
Les bateaux solaires deviennent populaires. Découvrez une grande variété de ces bateaux. Ils utilisent tous la technologie MPPT.
Http://en.wikipedia.org/wiki/electric_boat

Figure 2 _ RA66 Le ACtamaran de 20 mètres, Helio, mu par l'énergie solaire

Effectuer des recherches complémentaires

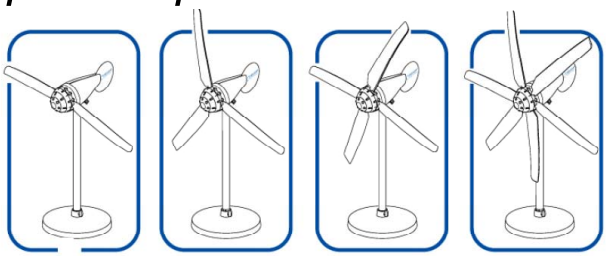
Les étudiants effectuent des recherches en utilisant les termes suivants : onduleur(s)
Extrait du « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables » - page 35
« Un autre aspect important des systèmes photovoltaïques est que le courant produit es sous la forme de courant continu (DC) . Le courant fourni par le réseau électrique vers les ménages ou l'industrie pour alimenter les appareils est sous la forme alternative (AC). Il est donc nécessaire d'utiliser un dispositif appelé « onduleur » pour convertir le courant continu (DC) provenant d'une installation solaire photovoltaïque en courant alternatif (AC) afin d'alimenter les appareils conventionnels en énergie électrique.

Figure 3 – Un onduleur

Pour convertir du courant DC en courant AC, l'onduleur commence par séquencer le courant continu en une suite d'oscillations qui constituent un courant alternatif d'aspect brut. Ce courant alternatif brut est ensuite élevé vers une plus haute tension par un réseau de capacités et de bobines (self) qui filtrent également les fréquences parasites. A la fin du processus, le courant produit possède les mêmes caractéristiques que le courant alternatif distribué par le réseau d'électricité, à savoir un courant sinusoïdal d'une fréquence de 50 Hertz et d'une tension de 240 Volts. Ce courant est alors parfaitement adapté pour l'alimentation des appareils ménagers, et il peut également être injecté dans le réseau de distribution d'électricité.

Sur la base de ces connaissances, les étudiants peuvent effectuer quelques recherches concernant la technologie des onduleurs. Ils découvriront que certains de ces appareils peuvent simplement alimenter un appareil ménager léger à partir d'une batterie de voiture et que d'autres offrent des puissances considérables et servent à alimenter le réseau de distribution d'électricité à partir d'installations photovoltaïques gigantesques situées dans les déserts.
Voici un site pour débuter vos recherches :
http://en.wikipedia.org/wiki/solar_inverter

Énergie Éolienne: Quel est le nombre de pales optimal?



Utiliser le bon nombre de pales pour une certaine condition éolienne est important pour extraire le maximum de puissance électrique d'une éolienne. Avec l'expérience, les étudiants comprennent comment le choix du nombre de pales est nécessaire à la production du plus de puissance possible.

Objectifs de la lecon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer cette expérience
- Les étudiants saisiront puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à se servir d'une éolienne modèle réduit qui produit un niveau de courant électrique en tension continue qui ne présente aucun danger.
- Les étudiants apprendront comment un nombre différent de pales sur l'éolienne produit différentes puissances de sortie.
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires concernant ce sujet sur internet

Résultats attendus

Les étudiants constateront comment deux, trois, quatre pales produisent une quantité variable de puissance pour la même vitesse de vent.

Les étudiants comprendront que:

1. Ajouter plus de pales génère, ou non, plus de puissance
2. Ajouter plus de pales crée plus de "traînée", ACusé par une résistance accrue du vent
3. Réduire le nombre de pales peut résulter en une plus grande production de puissance
4. Le rotor de l'éolienne sera mieux équilibré avec un plus grand nombre de pales.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants choisissent entre les trois types de pales courbées différerents fournis avec l'éolienne miniature. Ils commencent avec deux pales attachées au moyeu et mesurent et enregistrent la puissance de sortie de l'éolienne à la vitesse de rotation la plus forte du ventilateur. Ils ajoutent des pales et répètent l'expérience jusqu'à ce qu'il y ait six pales au final. Ils analysent ensuite les résultats de la puissance générée pour déterminer le nombre optimum de pales produisant la meilleure puissance de sortie. Les étudiants sont libres de choisir à volonté entre les trois différents types de pales fournis avec l'éolienne miniature.

SECURITE

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

L'expérience avec un multimètre

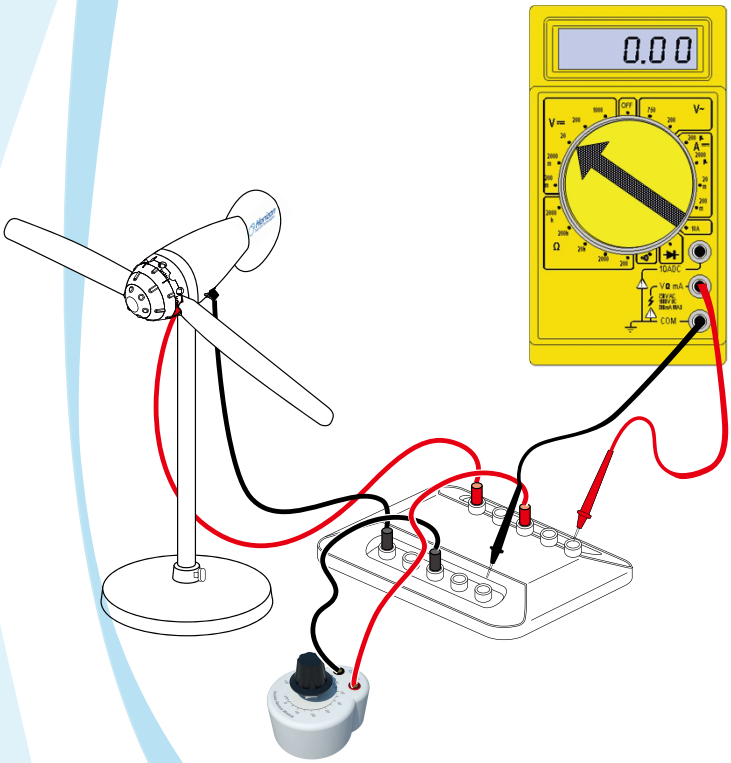
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50 cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
6 – Pales courbées
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platines de branchements électriques

Pales de l'éolienne

Pour commencer, installez deux (2) pales de n'importe quel type sur le moyeu de l'éolienne et attachez ce moyeu à l'arbre de l'alternateur. Référez vous au Guide d'assemblage du WindPitch pour plus d'instructions. Vous rajouterez d'autres pales plus tard.

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

Note: Vous pouvez coordonner à volonté les pales fournies avec l'éolienne. Assurez-vous d'installer les pales sur le moyeu de sorte qu'elles soient symétriques et d'aplomb. Faîtes aussi attention de garder le même angle d'inclinaison pour chaque test; l'éolienne y est très sensible.

1. Réglez le bouton du potentiomètre sur 75 ohms.
2. Réglez le bouton du multimètre sur les Volts avec une portée d'au moins 10 volts
3. Placez le ventilateur à au moins 60 cm de l'éolienne, et allumez-le à sa vitesse maximale
4. Mesurez la tension.
5. Répétez l'étape 4 avec 3 pales
6. Répétez l'étape 4 avec 4 pales
7. Répétez l'étape 4 avec 6 pales

Traitement des données

Faites écrire à vos étudiants les donnés de la tension dans le tableau ci-dessous. Puis faites- leur calculer le courant et la puissance basés sur la résistance de 75 ohms pour chaque étape. Faites-le en vous référant à la section détail du **Guide d'expérimentation**. Ci-dessous est la liste d'exemple de notre expérimentation..

Nos données pour une résistance =75 ohms

Pales	Volts	Ampères	Watts
2	6.160	0.083	0.511
3	6.528	0.088	0.574
4	6.375	0.086	0.548
6	6.639	0.089	0.591

Vos donnés pour une résistance =75 ohms

Pales	Volts	Ampères	Watts
2			
3			
4			
6			

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

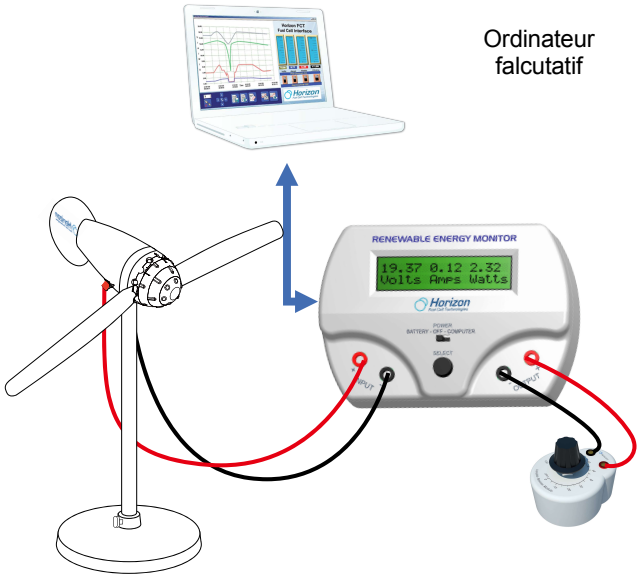
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50 cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
6 – Pales courbées
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platines de branchements électriques

Pales de l'éolienne

Pour commencer, installez deux (2) pales de n'importe quel type sur le moyeu de l'éolienne, et attachez ce moyeu à l'arbre de l'alternateur. Référez vous au Guide d'assemblage du WindPitch pour plus d'instructions. Vous rajouterez d'autres pales plus tard.

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

Note: Vous pouvez coordonner à volonté les pales fournies avec l'éolienne. Assurez-vous d'installer les pales sur le moyeu de sorte qu'elles soient symétriques et d'aplomb. Faîtes aussi attention de garder le même angle d'inclinaison pour chaque test; l'éolienne y est très sensible.

1. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des mV mA mW.

3. Placez le ventilateur à environ 60 cm en face de l'éolienne, et branchez-le à sa vitesse maximale
4. Réglez le potentiomètre de 100 ohms jusqu'à ce que la puissance maximale en mW apparaisse
5. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
6. Répétez l'étape 5 avec 3 pales
7. Répétez l'étape 5 avec 4 pales
8. Répétez l'étape 5 avec 6 pales.

Traitement des données

Est listé ci-dessous l'exemple de notre expérience:

Nos données

Pales	Volts	Ampères	Watts
2	6160	83	511
3	6528	88	574
4	6375	86	548
6	6639	89	591

Vos données

Pales	Volts	Ampères	Watts
2			
3			
4			
6			

Analyse des résultats

Si vous avez utilisé le Moniteur d'Energie Renouvelable pour effectuer l'expérience, le graphique obtenu devrait ressembler à la figure 1, ci dessous.

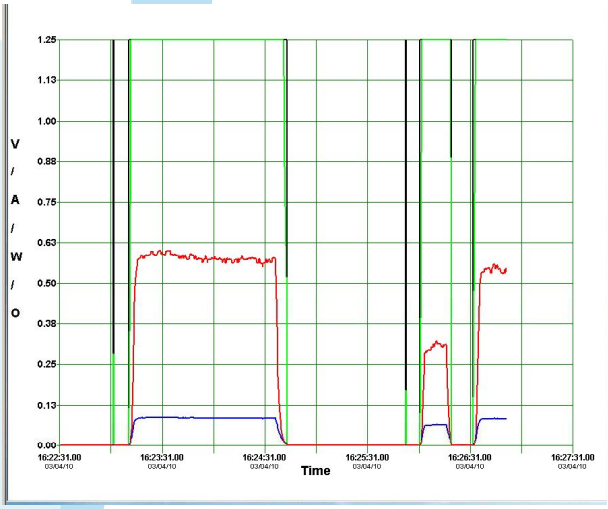


Figure 1 – Graphique des courbes de puissance en utilisant six longues pales

Nos données suggèrent que la puissance accroit en général avec le nombre de pales; pour une vitesse de vent constante. Vos données peuvent aussi changer des notres si la taille de votre ventilateur est différente.

Nos données

Blades	mV	mA	mW
2	6160	83	511
3	6528	88	574
4	6375	86	548
6	6639	89	591

Le plus important est de prendre en compte la forme des pales utilisées pour l'éxperience (BP-28, NACA 44 ou NACA 63). et comment vous mélangez et associez différentes pales. Si vous avez le temps, vous pouvez refaire l'éxperience avec d'autres pales.

Hypothèses

Les étudiants élaborent des hypothèses autour des questions suivantes

Si vous étiez un ingénieur développant des éoliennes et que votre société vous demande de créer une éolienne pour des vents forts et des vents faibles, serait il possible d'inventer une seule éolienne ou serait il nécessaire de créer deux modèles d'éoliennes pour satisfaire les deux conditions ?
Serait il plus judicieux de créer une éolienne pour vents faibles et une autre èolienne pour vents forts ?
Comme ingénieur, les questions que vous devez vous poser sont les suivantes :

1. Une éolienne munie de 3 pales possède-t-elle un meilleur rendement sous vents forts ou sous vents faibles ?
2. Une éolienne munie de six pales possède-t-elle un meilleur rendement sous vents forts ou sous vents faibles ?
3. Où puis-je trouver des informations pour m'aider dans mes choix techniques dans la création de mes éoliennes.

Nous disposons de quelques informations pour vous aider à entreprendre votre travail. Une Partie de ces données est fournie par l' expérience que nous venons de faire avec l'éolienne munie de six pales ainsi que l'expérience précédente avec l'éolienne munie de trois pales. Il existe également des équations qui permettent de résoudre notre problème :

$$P = 0.5*\rho*A*V^3$$

Dans laquelle :
P = Puissance en Watts
p = densité de l'air en KG/m3 (environ 1.225 Kg/m3 au niveau de la mer
A = Surface de balayage du rotor en m2 = Pi * r2 (r = rayon du rotor)
V = vitesse du vent en m/seconde
Alors que la densité de l'air a quelques effets sur la puissance produite, les Parties les plus influentes de l'équation sont la vitesse du vent et la surface de balayage du rotor. Il convient de relever que la puissance produite

est proportionnelle au cube de la vitesse du vent et au carré du rayon des pales du rotor. Si le rayon des pales est doublé, la surface de balayage du rotor est quadruplée. Si la vitesse du vent diminue de moitié (1/2), la puissance produite ne diminue que d'un huitième (1/8).

Vu qu'un vent faible représente peu de force, il peut être judicieux d'utiliser plus de pales pour capter cette énergie. D'un autre côté, si la vitesse du vent est élevée, l'utilisation d'un plus petit nombre de pales peut être nécessaire.

Un autre facteur à considérer, est quelle quantité d'énergie peut être extraite du vent quelque soit sa vitesse. Albert Betz était un physicien Allemand et un pionnier de la technologie des éoliennes. Betz découvrit qu'il n'est pas possible de capter une proportion de plus de 16/27 ou 0.593 de la puissance du vent. Cette constante est appelée le coefficient de Betz. Il représente le rendement théorique maximum que l'on peut obtenir de la force du vent.

En réalité, il est nécessaire de prendre en compte de nombreux autres facteurs qui affectent le rendement de la transformation du vent en électricité par des éoliennes. Le rendement des éoliennes est également affecté par les paramètres aérodynamiques des pales, le rendement de la génératrice électrique et des pertes par frottement mécanique dans le réducteur de vitesse, etc

Cependant, souvenez-vous, vous ne voulez pas de ces pertes de rendement dans l'éolienne que vous allez construire ! Alors assurez-vous de la créer correctement.

Figure-2:Fig Éolienne en feu

Références dans le Guide d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent les pages suivantes du guide pour préparer des recherches complémentaires relatives à cette expérience.

Page 43 – L'aérodynamique des éoliennes
Page 49 – Puissance théorique du vent
Page 49 – potentiel de l'énergie éolienne
Page 49 – distribution de la vitesse du vent

figure 3 – parc éolien sur mer calme

Liens internet

Pour en savoir plus concernant les meilleurs sites d'implantation des éoliennes, suivre ce lien :
http://www.nrel.gov/gis/wind.html

Les parcs éoliens gagnent en popularité. Voici quelques liens vers des sites populaires :

http://wwwen.wikipedia.org/wiki/wind_farm

http://www.capewind.org/

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur les thèmes suivants : parcs éoliens (windfarms)

Extrait du manuel d'enseignement des énergies renouvelables, page 51 « dans les régions de vent forts de multiples éoliennes peuvent être installées dans des parcs éoliens ou (windfarms). L'avantage des parcs éoliens sont : accès centralisé, coûts de développement du site réduits, connexions aisées vers le réseau de distribution électrique.
Les éoliennes ne peuvent pas être installées trop proches les unes des autres car elles créent des interférences aérodynamiques néfastes pour leurs voisines proches. »
Les parcs éoliens sont le plus favorables sur terre ou sur mer. Certains ont même pensé à les installer en l'air, tels des cerf-volants.

Figure 4 – concept de parc éolien installé dans les airs

La photo ci-dessus ainsi que le texte qui suit provient de Sky Windpower à San-Diego, CA USA. « si le temps vous semble venteux où vous vivez, soyez contents, vous n'avez pas besoin de vivre à 10 km d'altitude. A cette altitude, le jet-stream souffle plus fort et plus régulièrement que sur terre, ce qui représente un potentiel d'énergie 100 fois plus élevé.

Fig 5 – Parc éolien à Palm Springs, CA, USA.

De la même manière que les compagnies pétrolières forent de plus en plus profond et en des sites de plus en plus éloignés pour trouver de nouvelles réserves de pétrole, les ingénieurs en éoliennes regardent plus haut dans le ciel pour de nouvelles sources d'énergie. Les éoliennes conventionnelles ne seront pas installées là-haut; la plus haute éolienne actuelle ne mesure que 200 mètres. Alors ils tentent d'inventer de nouvelles techniques pour récolter la force du vent : des éoliennes qui volent. »

Figure 6 – Grand parc éolien sur la mer

Les étudiants peuvent rechercher plus d'information concernant ces projets fascinants, peuvent rechercher quelques idées par eux-mêmes sur le thème « comment l'énergie éolienne propre et renouvelable peut-elle compléter notre approvisionnement en électricité et nous rendre moins dépendants des combustibles fossiles.

Énergie Éolienne
Utiliser trois formes de pales courbées différentes
Formes de pales

Photo Credit – Southwest Windpower

Contenu de la leçon

Cette expérience démontre comment des pales de différente courbure produisent un degré différent de puissance de sortie à différentes vitesses de souffle du vent

Objectifs de la leçon

- Les étudiants utiliseront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront, puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à se servir d'une éolienne modèle réduit qui produit un niveau de courant électrique en tension continue qui ne présente aucun danger.
- Les étudiants apprendront comment les trois différentes formes de pales de l'éolienne produisent une puissance de sortie.
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires sur internet.

Résultats attendus

Les étudiants attacheront trois formes de pales différentes à l'éolienne et mesureront laquelle de ces formes produit le plus de puissance pour chacune des trois vitesses de vent
Ils constateront que:
1. Différentes formes de pales produisent des degrés de puissance variables à des vitesses de vent spécifiques.
2. Certaines formes de pales sont plus adaptées à la production de puissance pour une grande vitesse de vent alors que d'autres sont meilleures pour de petites vitesses de vent
3. Les pales sont fabriquées au standard des avions, et sont les mêmes que celles utilisées pour les avions et les hélicoptères – juste plus petites

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants assemblent une éolienne modèle réduit avec trois pales puis mesurent le rendement de puissance électrique pour les trois vitesses de vent – lente,
medium et forte. Ils changent le type de pale et testent à nouveau la puissance de sortie électrique pour les mêmes trois vitesses de vent. Ils analysent ensuite et expliquent les résultats pour chaque type de pale.

SECURITE

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

L'expérience avec un multimètre

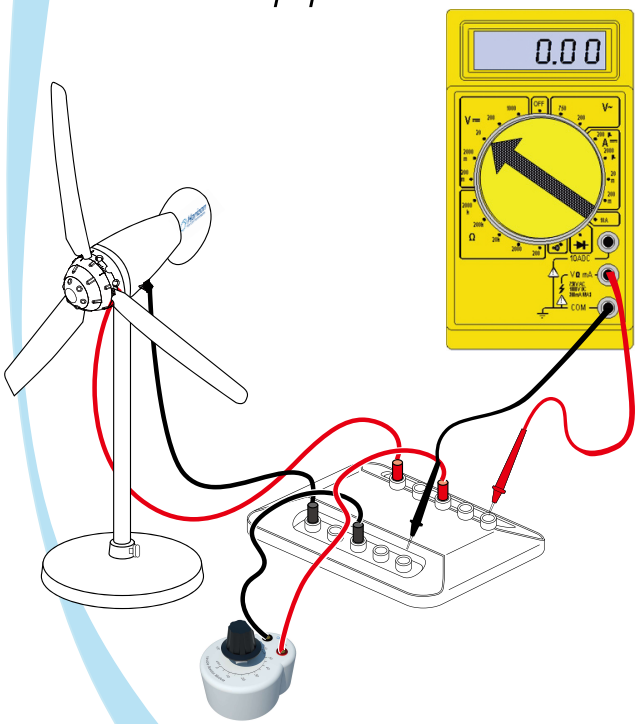
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50 cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
3 – Pales BP-28
3 – Pales NACA-44
3 – Pales NACA-63
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platines de branchements électriques

Pales de l'Éolienne

Installez trois (3) pales BP-28 sur le moyeu et attachez le moyeu à l'arbre de l'alternateur. Inclinez le à 15 degrès.
Referez vous au **Guide d'assemblage WindPitch** pour plus d'instruction

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

1. Réglez le potentiomètre sur 75 ohms
2. Réglez le bouton du multimètre sur les Volts avec une portée d'au moins 10 volts
3. Placez le ventilateur à environ 60 cm en face de l'éolienne et branchez-le à sa vitesse maximale
4. Enregistrez la tension
5. Réglez le ventilateur à la vitesse moyenne
6. Enregistrez la tension
7. Réglez le ventilateur à la vitesse minimale.
8. Enregistrez la tension.
9. Remplacez les pales avec celles du type NACA-44 et répétez les étapes 3 à 8
10. Remplacez les pales avec celles du type NACA -63 et répétez les étapes 3 à 8.

Traitement des données

Faites recopier aux étudiants les données de la tension dans le tableau ci-dessous. Puis faites-leur calculer le courant et la puissance basés sur la résistance de charge 75 ohms pour chaque vitesse de vent. Référez vous au Guide d'assemblage WindPitch pour plus de détails.
Ci-dessous est listé un exemple des données que nous avons collecté. Ajoutez deux tableaux similaires pour les deux autres types de pales.

Nos données

Vitesse du vent	Volts	Amps	Watts
Forte	4.2	0.080	0.336
Medium	2.4	0.088	0.210
Lentel	1.3	0.038	0.049

Vos données

Vitesse du vent	Volts	Amps	Watts
Forte			
Medium			
Lentel			

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

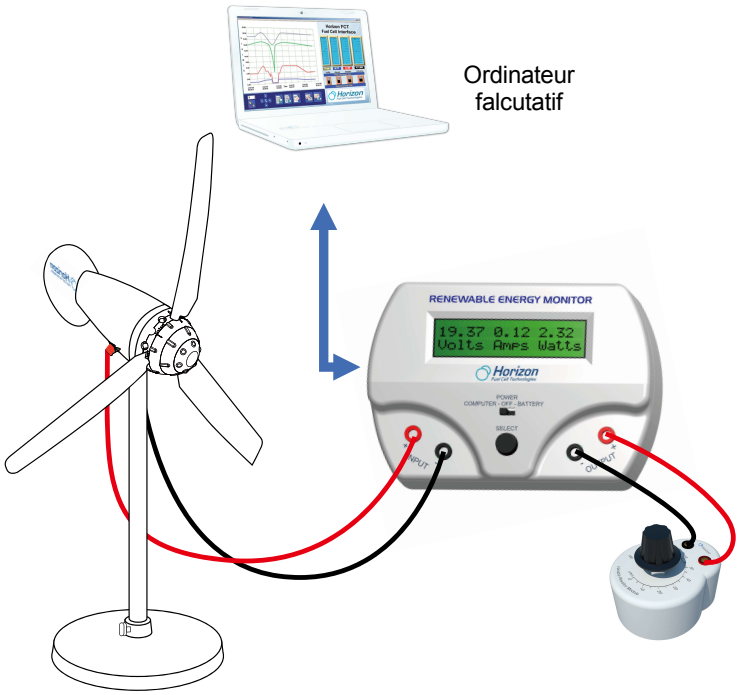
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50 cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
3 – Pales BP-28
3 – Pales NACA-44
3 – Pales NACA-63
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir

Pales de l'Éolienne

Installez trois (3) pales BP-28 sur le moyeu et attachez le moyeu à l'arbre de l'alternateur. Inclinez le à 15 degrès.
Referez vous au **Guide d'assemblage WindPitch** pour plus d'instruction

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

1. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des mV mA mW.

3. Placez le ventilateur à environ 60 cm en face de l'éolienne, et branchez-le à sa vitesse maximale
4. Réglez le potentiomètre de 100 ohms jusqu'à ce que la puissance maximale en mW apparaisse
5. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
6. Branchez le ventilateur à la vitesse médium
7. Enregistrez la tension, le courant et la puissance
8. Branchez le ventilateur à la vitesse minimale
9. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
10. Remplacez les pales par celles de type NACA-44 et répétez les étapes 1 à 9
11. Remplacez les pales par celles de type NACA-63 et répétez les étapes 1 à 9

Traitement des données

Faites copier aux étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans le tableau ci-dessous. Ajoutez deux tableaux similaires pour les deux autres types de pales

Nos données 3 pales BP-28 à une inclinaison de 15^0

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte	4200	80	336
Medium	2400	88	210
Lentel	1300	38	49

Vos données 3 pales BP-28 à une inclinaison de 15^0

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte			
Medium			
Lentel			

Analyse des résultats

Si vous avez utilisé le Moniteur d'Energie Renouvelable connecté à un ordinateur pendant les expériences, votre graphique de données devrait ressembler à la Figure 1, pour chacune des vitesses de vent.

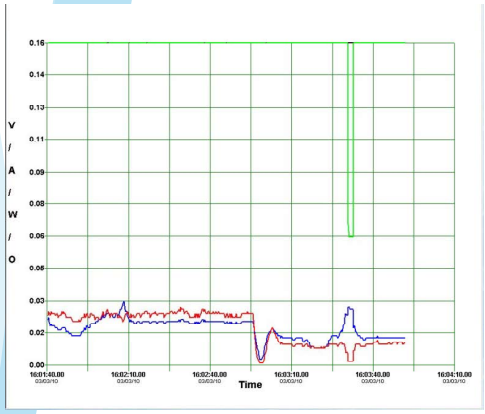


Figure 1 – Graphique des courbes de puissance avec pales BP-28

Nos données Pale BP-26 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte	4200	80	336
Medium	2400	88	210
Lentel	1300	38	49

Nos données Pale BP-26 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte	4200	80	336
Medium	2400	88	210
Lentel	1300	38	49

Nos données Pale BP-63 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte	4200	80	336
Medium	2400	88	210
Lentel	1300	38	49

Les résultats de nos tests suggèrent que le BP-28 génère le plus de puissance pour toutes les vitesses de vent. Vos résultats peuvent varier, dû à la vitesse de vent de votre ventilateur et la distance par rapport à l'éolienne.

Vitesse du vent	Most Power Blade Type
Forte	BP-28
Medium	BP-28
Lentel	BP-28

Hypothèses

Faites s'interroger vos étudiants sur la question hypothétique suivante.

Si vous étiez ingénieur et qu'une compagnie vous commandait la fabrication d'une vraie éolienne, en utilisant n'importe lequel des trois types de pales que nous avons ici, quelle pale choisiriez-vous? Votre réponse dépendra, en Partie, de la vitesse du vent dans la zone où l'éolienne sera installée.

Par exemple, si vous deviez installer une éolienne au milieu d'une grande ville où le vent est habituellement bas dû aux buildings interférant avec le souffle normal du vent, vous choisiriez un type de pale spécifique.

Si le site se trouvait à la campagne avec beaucoup plus d'espace mais aussi beaucoup d'arbres autour cassant le souffle du vent, vous en choisiriez un autre.

Enfin, si l'éolienne était installée sur une plaine aride, plate, ou le vent souffle sans discontinuer le jour et la nuit, vous en choisiriez encore un autre. C'est pourquoi, basé sur vos données, décidez du type de pale pour chacun des trois exemples ci-dessus, et dîtes pourquoi vous l'avez choisi.

Liens pour le Manuel d'Education Scientifique sur l'Energie Renouvelable

Faites examiner aux étudiants les informations des pages suivantes afin de les préparer à faire plus de recherche sur l'expérience

Page 45 – Types d'éolienne
Page 47 – Parties d'une éolienne

Liens internet

Advanced Airfoils for Wind Turbines (Plan de sustentions pour éoliennes) est un très bon lien décrivant comment les pales d'éoliennes sont similaires, mais différentes, des celles des avions, dû aux différents niveaux de pressions dont elles font l'expérience.

Figure 2 - VérifiACtion des pales

http://www.osti.gov/accomplishments/document s/fullText/ACC0195.pdf

Le lien suivant vient du NREL, Le Laboratoire National d'Energie Renouvelable dans le Colorado. Ceci explique les designs des plans de sustentions utilisant les mêmes types de pales

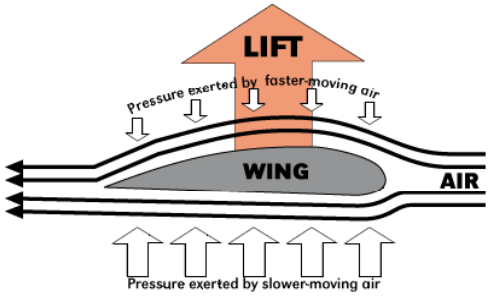
http://wind.nrel.gov/designcodes/papers/NREL%20Airfoil%20Families%20for%20HAWTs.pdf

Faire plus de recherche

Faites faire à vos étudiants des recherches sur le sujet suivant – Le principe de base du système d'exploitation des éoliennes.

Cette expérience a démontré les effets des trois types de pales d'éoliennes qui sont réellement faites comme celles des avions. Les ailes des avions génèrent un soulèvement et les principes de base impliqués dans ce procédé sont le sujet de cette recherche.

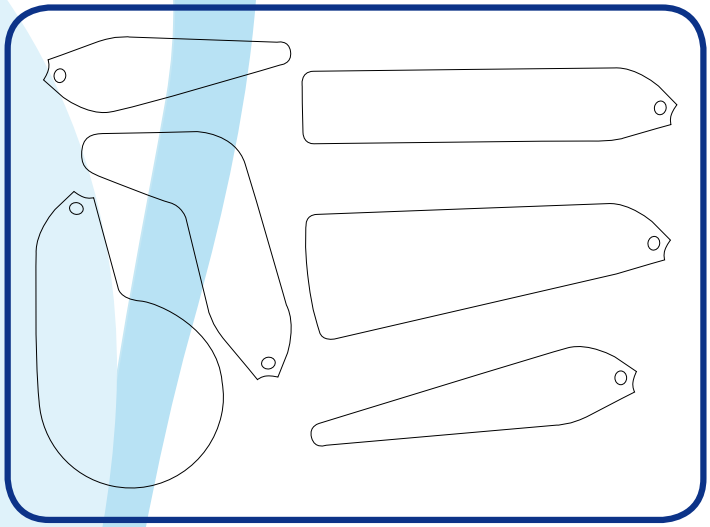
Deux principes de base qui sont impliqués dans le décollage – le principe de Bernoulli et l'Effet Coanda. Si le principe de Bernoulli explique la source du soulèvement dans une aile d'avion, en (environ) 1930 un ingénieur Roumain du nom de Henri Coanda (1866-1972) découvrit un autre effet qui joue un rôle encore plus grand dans le décollage.



L'Effet Coanda énonce qu'un courant de fluide ou de gaz embrasserait un contour convexe lorsque il serait dirigé à la tangente de cette surface. Ceci peut être démontré en plaçant le dos d'une cuillère contre un courant d'eau. Le schéma de l'eau correspondra à la courbe de la cuillère. Si vous tenez la cuillère pour qu'elle ne tangue pas, vous pourrez vous apercevoir que la cuillère est attirée vers le courant d'eau. Le même effet se produit avec l'aile d'un avion. Si l'aile est courbe, le flux d'air suivra la courbe de l'aile. Par conséquent, les pales des éoliennes sont fabriquées selon les standards des ailes d'avion conformément à l'Effet Coanda.

Figure 4 - Exemple de l'effet Coanda

Energie Éolienne Utiliser les pales construites par vous-même



Contenu de la leçon

Cette expérience démontre comment les pales que vos étudiants feront eux-mêmes peuvent faire marcher l'éolienne. Les étudiants peuvent faire leurs pales de n'importe quelle forme et utiliser des combinaisons de trois ou six d'entre elles.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants utiliseront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants saisiront puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à se servir d'une éolienne modèle réduit qui produit un niveau de courant électrique en tension continue qui ne présente aucun danger.
- Les étudiants apprendront des formes de pales qu'ils fabriqueront eux-mêmes pour produire différentes puissances de sortie à partir de l'éolienne
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires concernant ce sujet sur internet

Résultats attendus

Les étudiants fabriquent de nouvelles et inégales formes de pales qu'ils attachent à l'éolienne afin de voir quelle forme de pale fonctionne le mieux dans des conditions éoliennes rapides ou lentes. Ils testent aussi de trois à six pales qu'ils attachent au moyeu pour voir quelle combinaison de vitesse de vent et de nombre de pale génère le plus de puissance. Les étudiants comprennent comment les pales sont équilibrées et fonctionnent quand elles tournent.

Les étudiants comprendront que:

1. Différentes formes de pales produisent des niveaux de puissance variables pour des vitesses de vent spécifiques.
2. Certaines formes de pales sont meilleures à la production de puissance aux vents forts alors que d'autres sont meilleures à vent faible.
3. Plus de pales produit ou non plus de puissance sous toutes les conditions de vitesse de vent.
4. Les pales courtes sont meilleures à vent fort et les pales longues sont meilleures à vent faible.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants conçoivent des pales en utilisant des matériaux communs comme du papier cartonné que l'on peut trouver dans la plupart des salles de classe. Ils peuvent fabriquer les pales de n'importe quelle forme, de n'importe quelle couleur. Ils les attachent ensuite à l'éolienne modèle miniature et mesurent la puissance électrique de sortie pour chaque vitesse de vent – lente, moyenne et forte. Les étudiants analysent alors et expliquent les résultats après utilisation de chaque forme de pale.

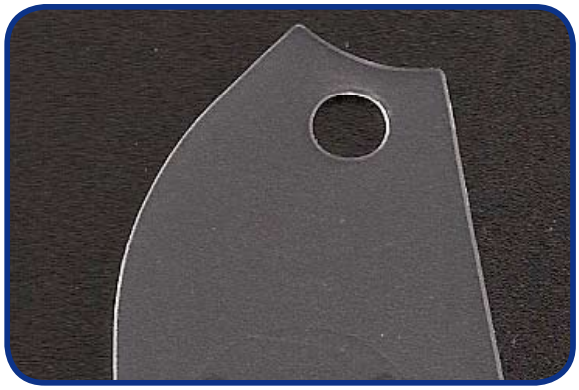
SECURITE

Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

Guide pour fabriquer ses propres pales

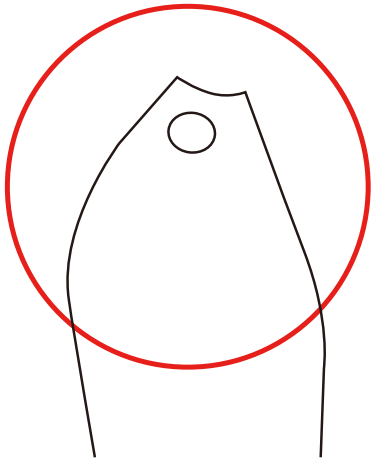
Dessiner et découper ses propres pales, à partir de feuilles plastifiées, est une chose amusante pour les étudiants. Cependant, ils doivent être au courant de certains problèmes pratiques pour le faire avec succès– et sans danger!

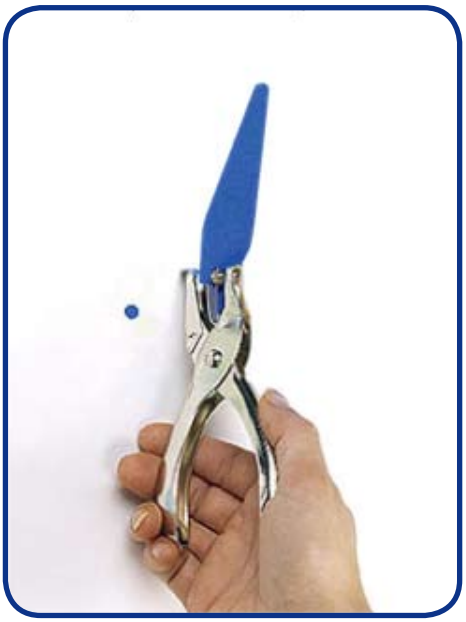
1. Les pales peuvent être fabriquées à partir de n'importe quel papier, tel que du carton ou du papier carton, assez rigide pour résister au vent et ne pas se plier trop facilement. En premier, dessinez la forme de base sur une feuille de papier standard. Puis découpez-la et utilisez –la comme patron sur le papier cartonné (ou autre) que vous allez utiliser pour faire vos pales.
2. Utilisez des ciseaux et une perforatrice pour découper la forme voulue.
3. Les pales doivent être découpées de sorte qu'elles soient équilibrées, ou l'éolienne ne tournera pas correctement.
4. Important – Les pales doivent aussi être faites pour ne pas s'envoler ou se casser quand elles tourneront. Ceci crée un risque de danger. ***Faites toujours porter des lunettes de sécurité à vos étudiants lors de la rotation des hélices.***
5. Chaque pale doit pouvoir s'attacher au moyeu fournit. Ce qui veut dire que la base de chaque pale doit être conforme au patron ci-après. Le reste de la pale peut être de n'importe quelle forme aussi longtemps qu'elle est conforme aux conditions des étapes 1 à 4, ci-dessus. Votre éolienne a été livrée avec trois pales plates, utilisez donc cette base comme guide pour faire la votre.
6. Pour plus de plaisir autorisez vos étudiants à colorier ou peindre leurs pales pour les rendre plus personnelles et attirantes. Ci-dessous, quelques exemples de pales faites-main, mais utilisez votre imagination – le ciel est la limite – soyez juste sûr de suivre les instructions ci-avant.
7. Donnez un nom à vos pales, pour savoir lesquelles ont été utilisées pour chaque expérience.

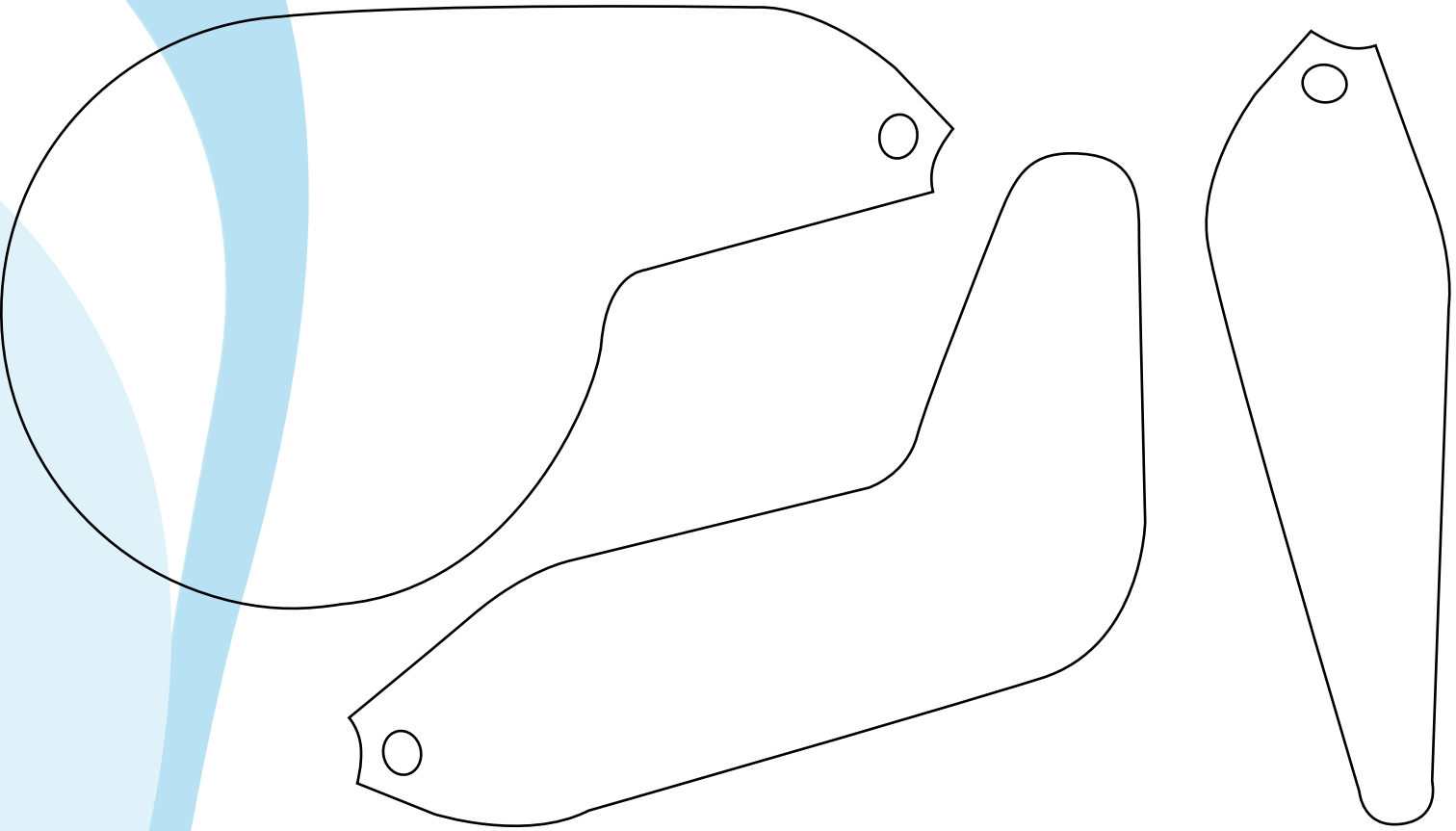


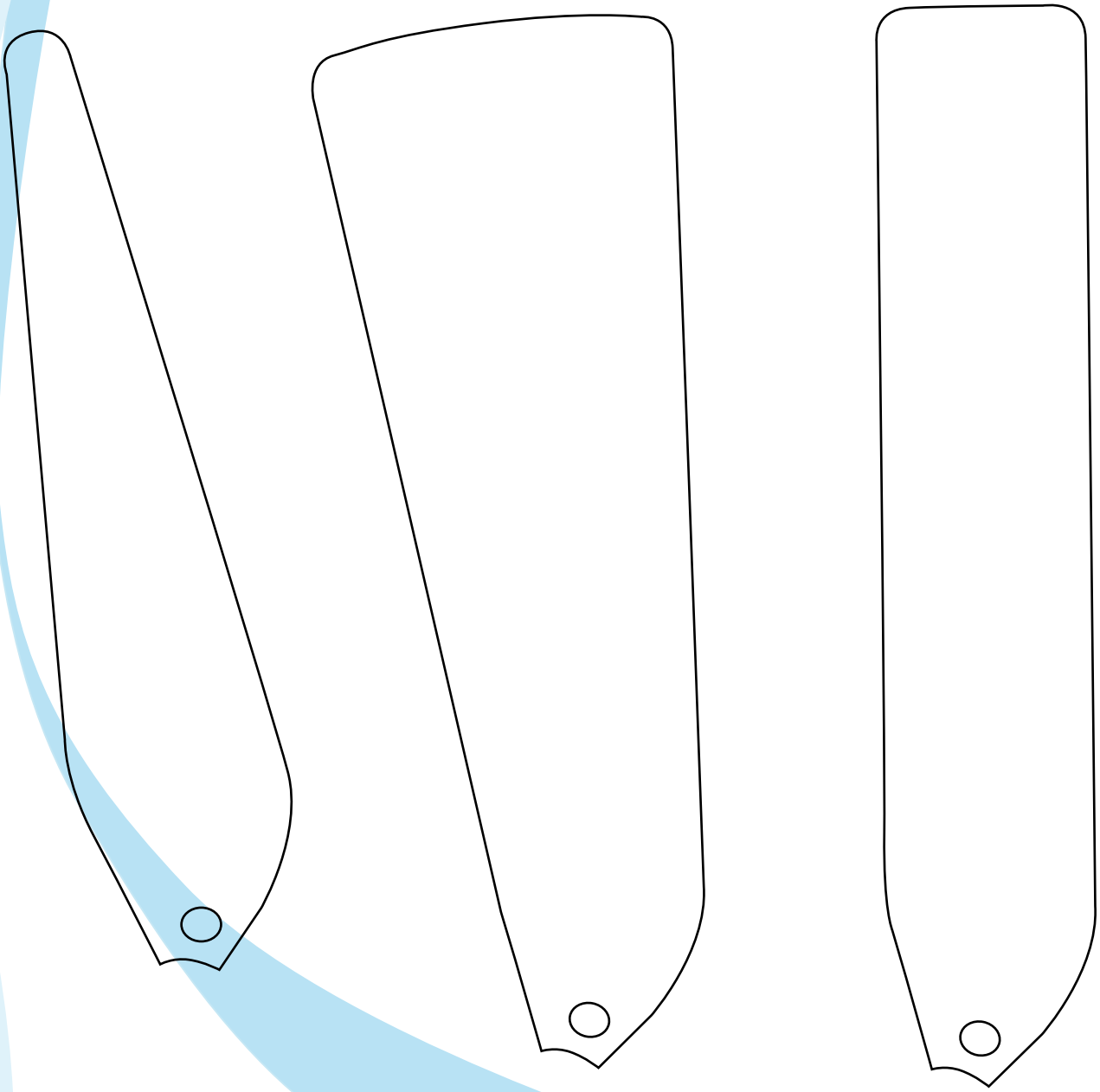
Exemples de pales faites-main

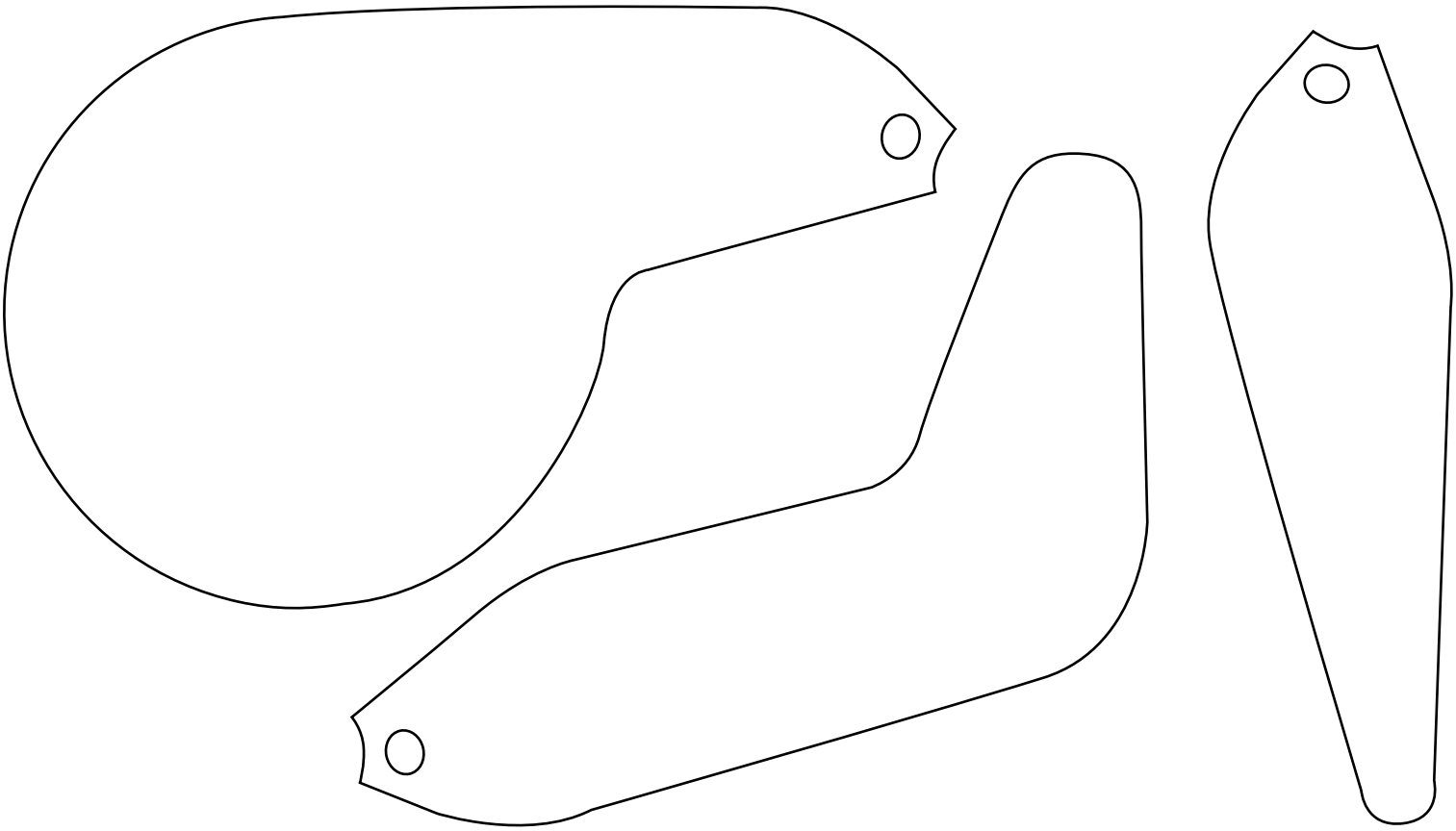
Voici quelques exemples des sortes de pales que vous pouvez faire vous-même. Faite bien attention à créer de grandes et petites, larges et fines pales.

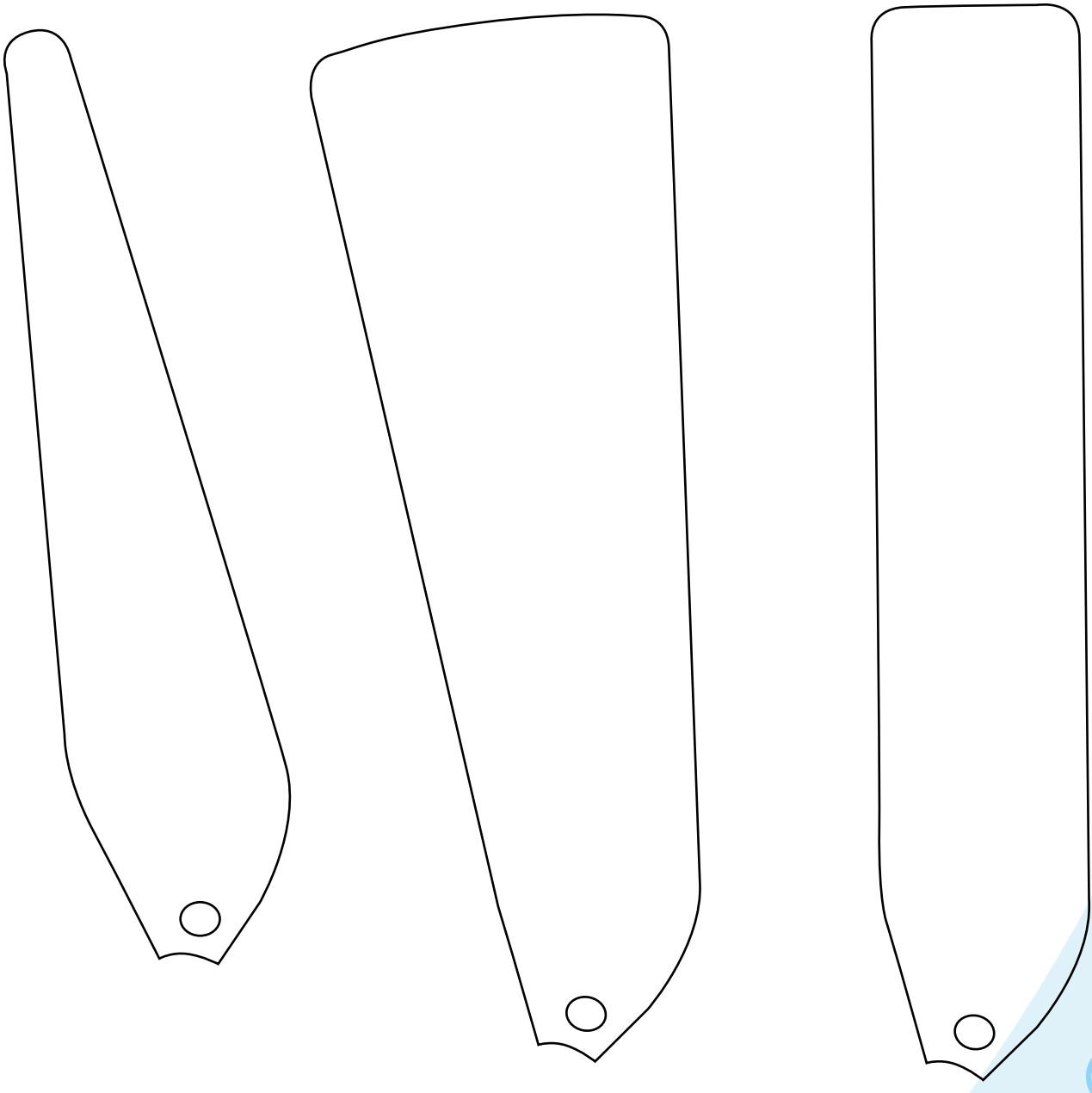












L'expérience avec un multimètre

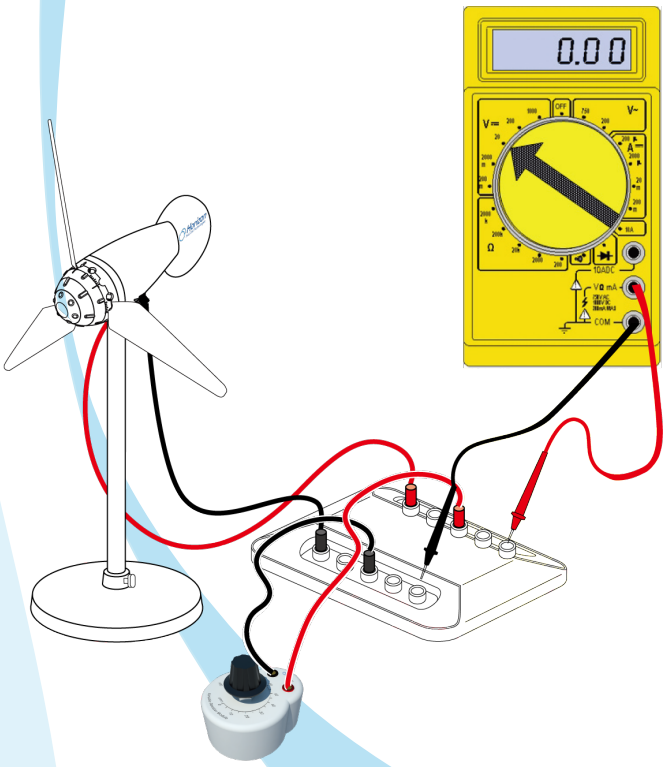
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50 cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
3 ou 6 pales faites-main
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platines de branchements électriques

Pales de l'éolienne

Pour commencer, installez trois (3) pales sur le moyeu, et attachez le moyeu à l'arbre de l'alternateur. Référez vous au Guide d'assemblage du WindPitch pour plus d'instructions. Vous rajouterez d'autres pales plus tard.

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

1. Réglez le bouton du potentiomètre sur 75 ohms
2. Réglez le bouton du multimètre sur les Volts, avec une portée d'au moins 10
3. Placez le ventilateur à au moins 60 cm de l'éolienne et allumez-le à sa vitesse maximale
4. Notez la tension
5. Branchez le ventilateur à sa vitesse moyenne
6. Notez la tension
7. Branchez le ventilateur à sa vitesse minimale
8. Notez la tension
9. Répétez les étapes 3 à 8 avec 6 pales

Traitement des données

Faites écrire à vos étudiants des données de la tension dans le tableau ci-dessous. Puis faites leur calculer le courant et la puissance basés sur la résistance à charge de 75 ohms pour chaque étape. Faites-le en vous référant à la section détail du Guide d'expérimentation. Ajoutez un tableau similaire pour six pales..

Vos données pour 3 pales faites-main

Vitesse du vent	Volts	Amps	Watts
Forte			
Medium			
Lentel			

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

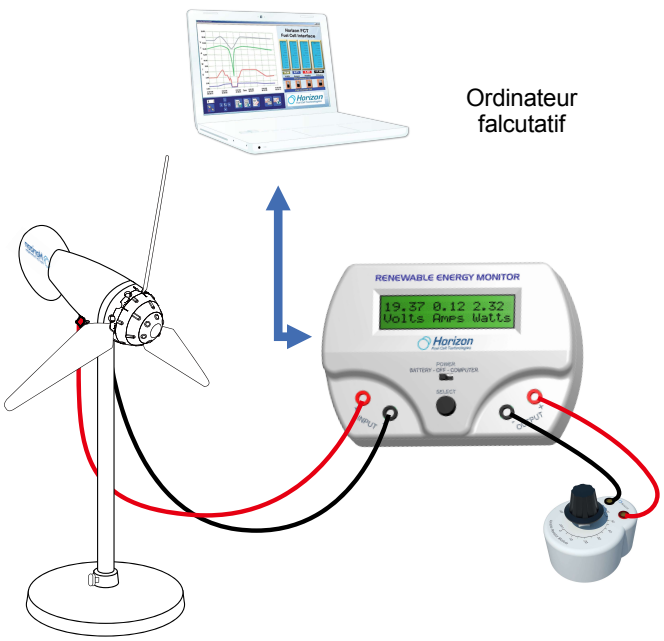
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50 cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
3 ou 6 pales faites main
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir

Pales de l'Éolienne

Pour commencer, installez deux (2) pales de n'importe quel type sur le moyeu de l'éolienne, et attachez ce moyeu à l'arbre de l'alternateur. Référez vous au Guide d'assemblage du WindPitch pour plus d'instructions. Vous rajouterez d'autres pales plus tard.

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

1. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des mV mA mW.

3. Placez le ventilateur à environ 60cm en face de l'éolienne, et branchez-le à sa vitesse maximale
4. Réglez le potentiomètre de 100 ohms jusqu'à ce que la puissance maximale en mW apparaisse
5. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
6. Branchez le ventilateur à sa vitesse moyenne
7. Enregistrez la tension, le courant et la puissance
8. Branchez le ventilateur à sa vitesse minimale
9. Enregistrez la tension, le courant et la puissance
10. Répétez les étapes 4 à 9 avec 6 pales

Traitement des données

Faites écrire à vos étudiants des données pour la tension, le courant et la puissance dans le tableau ci-dessous. Ajoutez-en un similaire pour six pales.

Vos données pour 3 pales faites-main

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte			
Medium			
Lentel			

Analyse des résultats

Si vous avez utilisé le Moniteur d'Energie Renouvelable connecté un à ordinateur pour l'expérience, votre graphique de données devrait ressembler à la Figure 1 pour chacune des trois vitesses de vent.

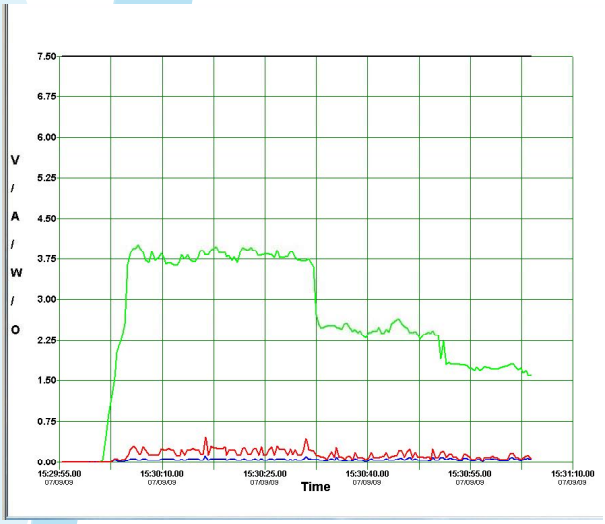


Figure 1 - Graphique des courbes de tension avec 3 vitesses de vent

Vos données pour 3 pales faites-main

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte			
Medium			
Lentel			

Vos données pour 6 pales faites-main

Vitesse du vent	mV	mA	mW
Forte			
Medium			
Lentel			

Hypothèses

Les étudiants débattent au sujet des questions suivantes.

Si vous deviez développer une éolienne pour l'endroit où vous habitez, utiliseriez-vous un concept de pales plates ou incurvées ?

Combien de pales utiliseriez-vous ? Deux ? Trois ? Six? Plus ?

Ces pales seraient-elles longues ? Courtes ?

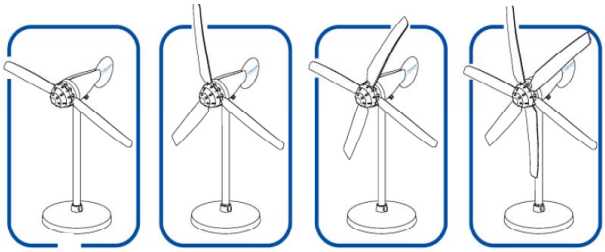


Figure 2 – Éoliennes à deux, trois Hypothèsesx pales

Ces questions peuvent sembler peu pertinentes; cependant l'endroit où l'on habite, dans un ville, une zone résidentielle, dans une plaine, à la montagne, va déterminer le type d'éolienne que l'on devra installer, le nombre et le type de pales les plus efficace afin de produire un maximum d'énergie électrique.

Figure 3 – Moulin à vent traditionnel

Jusqu'à ce moment, nous avons utilisé des pales courtes, des pales longues, par trois ou par six. Dans tous les cas nos pales étaient du type « trainée », car elles sont plates de ne génèrent pas de portance. Elles ressemblent ainsi aux pales des anciens moulins à vent.

Les moulins à vent traditionnels utilisaient des pales plates (type à trainée), ou des voiles qui captaient la force du vent et faisaient tourner un axe. La force mécanique de cet axe était transmise par un engrenage à renvoi (90degrés) sur un axe disposé verticalement vers la meule à grains située à la base du moulin. Des vents modérés sont souhaitables pour des moulins à vent de ce type, munis de pales plates, de hautes vitesses de rotation causées par un fort vent auraient de toute façon détruit le mécanisme. Cependant, pour des vents plus forts, les pales à « trainée » sont à éviter. La trainée est la force qui fait qu'un objet résiste à son déplacement dans un fluide. Lorsque ce fluide est un gaz, tel que l'air, cette force est appelée « trainée aérodynamique », ou résistance à l'air.

L'aérodynamique est l'un des facteurs déterminants lorsque l'on développe une éolienne. La trainée aérodynamique diminue le rendement d'une éolienne. Lorsque les pales d'une éolienne tournent et font tourner l'axe de la génératrice, les forces mécaniques qui tendent à ralentir ce mouvement diminuent le rendement de l'ensemble. C'est pourquoi, l'amélioration du rendement des pales et la réduction de leur trainée est un facteur des plus importants pour améliorer le rendement des éoliennes.

Voici les principaux moyens de réduire la trainée des pales d'éoliennes :

- Changer le pas, ou l'angle des pales
- Utiliser moins de pales
- Utiliser des matériaux légers pour réduire la masse des pales
- Polir la surface des pales car les rugosités génèrent plus de pertes par frottements dans l'air
- Optimiser la forme et le profil des pales pour en améliorer l'aérodynamisme

Ce dernier point est très important car développer une pale qui offre de la portance plutôt que de la trainée comme principale force pour induire la rotation produira beaucoup plus de puissance dans des conditions de vent forts.

Figure 4 – Un grand rotor d'éolienne

Une pale à portance ressemble à une hélice d'avion qui est en fait une aile hélicoïdale. Elle est aspirée par l'air plutôt qu'elle ne se laisse pousser par l'air comme une pale à effet de trainée. Pour fonctionner, une pale à portance nécessite un vent soutenu afin de pouvoir transmettre suffisamment de force au rotor et produire de l'électricité en quantité.

Références dans le Guide d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent les pages suivantes pour préparer des recherches complémentaires relatives à cette expérience,
Page 43 – L'aérodynamique des éoliennes
Page 44 – Types d'éoliennes

Liens internet

Pour en savoir plus concernant le développement des éoliennes, visiter ces sites :
http://www.en.wikipedia.org/wiki/wind_turbine_design

Effectuer plus de recherches

Les étudiants effectuent des recherches relatives aux sujets suivants éoliennes à axe vertical (en anglais VAWT)
Jusqu'à présent, nos expériences ont impliqué des éoliennes à axe horizontal (HAWT). Il existe cependant un autre type d'éoliennes qui sont adaptées à des vitesses de vent moindres et qui peuvent être utilisées dans des zones habitées relativement denses. Ce sont les éoliennes à axe vertical et elles existent en une variété de formes.

Extrait du « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables . Page 46 « l'ingénieur Français G.M. Darrieus fut le premier à développer une éolienne à axe vertical qui rencontra un certain succès commercial dans les années 1920. La forme des pales fait ressembler ces éoliennes à un « énorme fouet à oeufs »

Figure 5 – Éolienne de type Darrieus

Les éoliennes à axe vertical peuvent fonctionner avec du vent provenant de toute direction sans que l'on doive les repositionner. Le principal avantage des éoliennes à axe vertical est qu'elles ne nécessitent pas de dispositif de contrôle de lacets ou de dérive pour les garder dans l'axe du vent. Un autre avantage est que la plupart des composants mécaniques et électriques se trouvent proches du sol et qu'ils peuvent donc être entretenus facilement. Leur mât ne doit pas être aussi résistant que dans le cas des éoliennes à axe horizontal car il n'y a pas d'équipements lourds à son sommet.

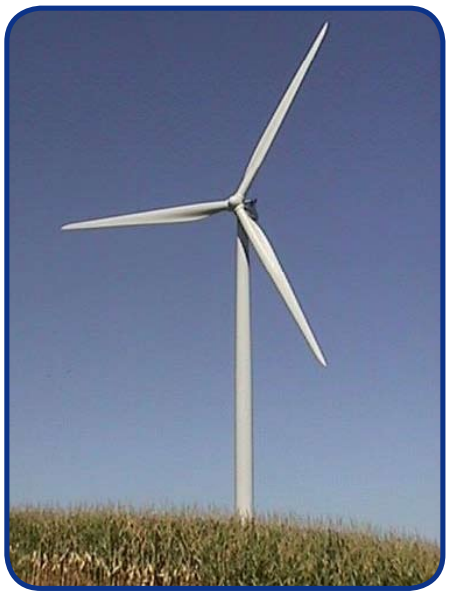
Les éoliennes à axe horizontal présentent également quelques inconvénients. L'un d'entre eux est que leurs pales se situent près du sol où les vents sont ralentis. Les vents proches du sol ne sont pas seulement plus lents, ils sont aussi plus turbulents, ce qui augmente les contraintes sur l'éolienne et diminue son rendement. Dans des conditions de vent faible, les éoliennes de type Darrieus offrend un couple de démarrage très faible et la puissance produite doit être contrôlée afin de protéger la génératrice.

Certains de ces inconvénients peuvent être contournés en utilisant un concept hybride, tel que le montage de pales à portance en hauteur sur l'axe d'une éolienne à axe vertical, comme sur cette éolienne moderne (Fig 6)

Figure 6 – Éolienne à axe vertical moderne

Avec une telle variété d'éoliennes à disposition, les étudiants ne seront pas empruntés pour trouver ou inventer un modèle adapté pour chaque endroit, chaque condition de vents..

Énergie Éolienne Rendement des Éoliennes



Vue d'ensemble de la leçon

Alors que la puissance venant du vent est libre, tant que le vent souffle, elle est encore limitée par certaines lois physiques. Cette expérience nous montre comment mesurer l'énergie éolienne obtenue avec trois charges de résistance différentes pour déterminer avec quelle efficacité l'éolienne convertit l'énergie du vent en puissance électrique.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants saisiront puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à utiliser un modèle réduit d'éolienne qui produit un niveau de tension électrique tout à fait sans risques
- Les étudiants vont apprendre à calculer le rendement.
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires à cette leçon sur internet

Résultats attendus

Les étudiants découvriront que les éoliennes représentent une combinaison d'éléments électriques et mécaniques. Elles sont composées d'un rotor muni de pales animées par la force du vent. Ce rotor va à son tour faire tourner une génératrice qui produira l'électricité.

Les étudiants comprendront les points suivants :

1. Une éolienne est un outil mécanique qui produit de l'électricité en utilisant des aimants et des bobines de fil électriques appelés alternateur.
2. La quantité de pouvoir électrique et surtout le rendement de l'alternateur dépendent de la charge attachée.
3. Les différents éléments d'une éolienne sont complexes et ils travaillent de manière complémentaire pour produire une énergie propre et renouvelable.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants attachent une éolienne modèle réduit à une résistance variable appelée potentiomètre. A l'aide d'un grand ventilateur, ils utilisent le vent pour faire tourner les hélices de l'éolienne qui amène l'alternateur à créer de l'électricité. Les étudiants règlent le potentiomètre à trois valeurs de résistance qui amène l'éolienne à produire différents niveaux de tension, courant et puissance. Ces paramètres électriques sont mesurés et utilisés pour déterminer le relatif rendement de l'éolienne pour ces trois valeurs de charge. Les étudiants analysent donc et expliquent les résultats.

SECURITE

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute

L'expérience avec un multimètre

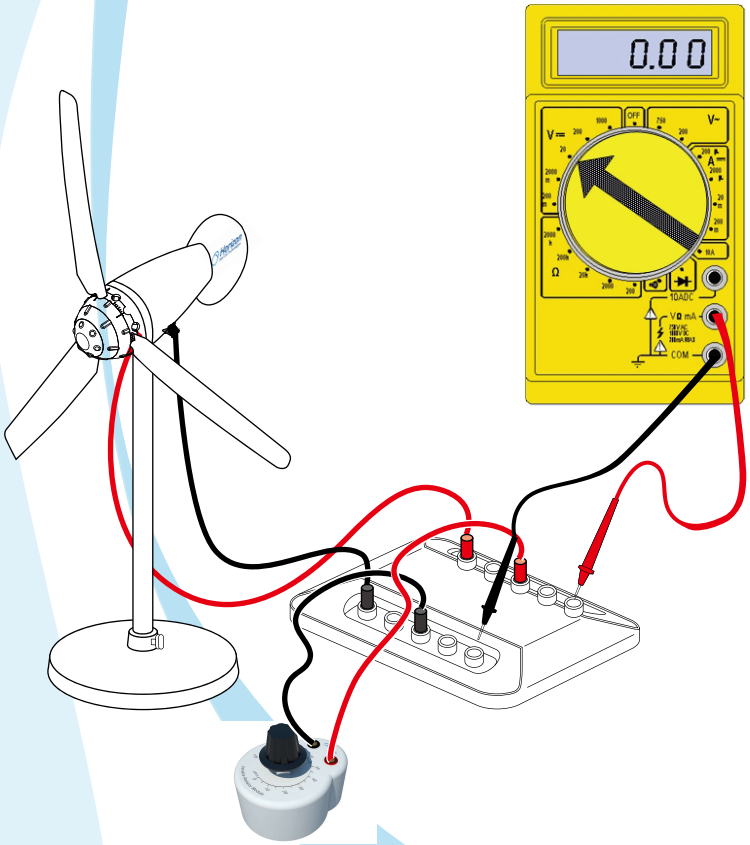
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platines de branchements électriques

Pales de l'éolienne

Installez trois pales NACA 44 sur le moyeu de l'éolienne avec un angle d'inclinaison de 15° et attachez le moyeu à l'arbre de l'alternateur. Referez-vous au **Guide d'assemblage WindPitch** pour plus d'instruction

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

1. Réglez le potentiomètre sur 75 ohms
2. Réglez le bouton du multimètre sur les Volts avec une portée d'au moins 10 volts
3. Placez le ventilateur à environ 60 cm en face de l'éolienne et branchez-le à sa vitesse maximale
4. Enregistrez la tension
5. Réglez le potentiomètre sur 50 ohms
6. Enregistrez la tension
7. Réglez le potentiomètre sur 25 ohms
8. Enregistrez la tension

Traitement des données

Faites relever à vos étudiants les données de la tension dans le tableau ci-dessous. Faites-leur calculer le courant et la puissance basés sur la charge de résistance indiquée pour chaque étape. Pour ce faire, référez-vous à la section détail du **Guide d'expérimentation**. Nous l'avons fait pour les données que nous avons prises. Vos résultats peuvent varier.

Nos données

Résistance	Volts	Amps	Watts
75 ohms	5.548	0.074	0.411
50 ohms	4.570	0.092	0.420
25 ohms	3.139	0.124	0.398

Vos données

Résistance	Volts	Amps	Watts
75 ohms			
50 ohms			
25 ohms			

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

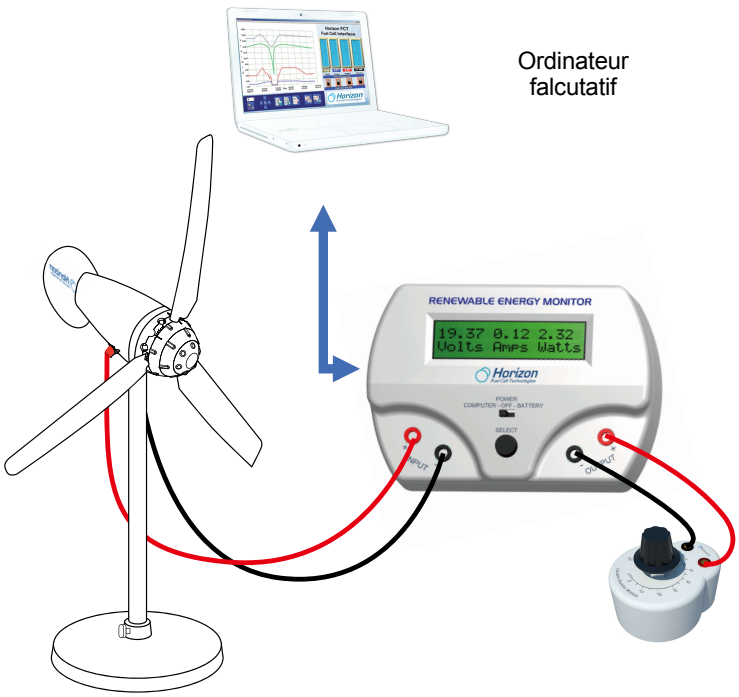
Matériel

1 – Éolienne avec trois pales NACA 44
1- Ventilateur de table (50cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platines de branchements électriques

Pales de l'Éolienne

Installez trois pales NACA 44 sur le moyeu de l'éolienne, réglez l'angle d'inclinaison à 15° et attachez le moyeu à l'arbre de l'alternateur. Referez-vous au **Guide d'assemblage du WindPitch** pour plus d'instructions.

Installation de l'équipement



Installation de l'équipement

1. Positionnez l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.

3. Placez le ventilateur à environ 60cm en face de l'éolienne, et branchez-le à sa vitesse maximale.
4. Réglez le potentiomètre sur 75 ohms.
5. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des mV mA mW et enregistrez la tension, le courant et la puissance
6. Appuyez sur le bouton Select pour les Ohms et réglez le potentiomètre sur 50 ohms.
7. Appuyez sur le bouton Select pour les mV-mA-mW et enregistrez la tension, le courant et la puissance
8. Appuyez sur le bouton Select pour les Ohms et réglez le potentiomètre sur 25 Ohms
9. Appuyez sur le bouton Select pour les mV-mA-mW et enregistrez la tension, le courant et la puissance.

Traitement des données

Entrez les données dans le tableau ci-dessous. Pour l'exemple, nous l'avons fait avec nos données. Vos résultats peuvent varier.

Nos données

Résistance	Volts	Amps	Watts
75 ohms	5548	74	411
50 ohms	4570	92	420
25 ohms	3139	124	398

Vos données

Résistance	Volts	Amps	Watts
75 ohms			
50 ohms			
25 ohms			

Analyser les résultats

En utilisant les données récoltées, calculez le relatif rendement de l'éolienne. Si vous avez utilisé le Moniteur d'Energie Renouvelable pendant l'expérience et l'avez connecté à votre ordinateur, votre graphique de données devrait ressembler à la Figure 1 ci-dessous.

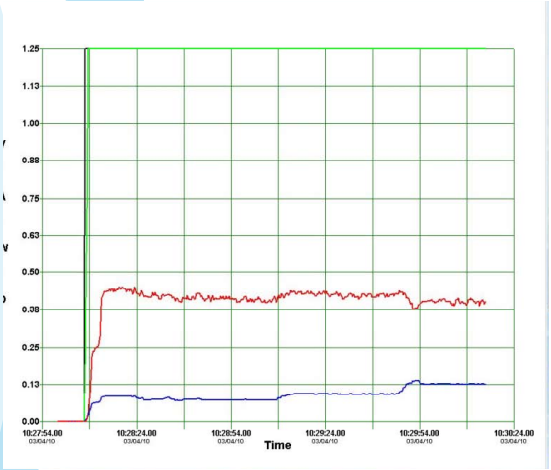


Figure 1 – Graphique des courbes de puissance et courant pour 3 valeurs de Résistance

Rendement = (puissance @ charge de 50 ohms / puissance @ charge de 75 ohms) x 100%

R1 = (420 / 411) x 100% = 102.19% (50 ohms)

Rendement = (Puissance@25ohms / Puissance@75ohms) x 100%

R2 = (398/ 411) x 100% = 96.84% (25 ohms)

En premier lieu, la charge à 75 ohms est idéale pour cette éolienne puisqu'elle correspond généralement avec la résistance à l'intérieur de l'alternateur. Nous voyons clairement que notre petite éolienne est plus efficace avec un charge moins grande (50 ohms) en comparaison avec une charge plus lourde (25 ohms). Rappelez vous, plus la résistance est lourde, plus la charge est petite – et plus la résistance est légère, plus la charge est grande. C'est un concept difficile (et contre-intuitif) à saisir au début – une plus haute résistance veut dire une charge plus légère ; une faible résistance veut dire une charge plus lourde. Cette expérience est faite pour illustrer le concept des différentes charges de l'éolienne.

Hypothèses

Les étudiants doivent réfléchir à la question hypothétique qui suit.

Si vous vouliez arrêter ou ralentir la rotation des hélices de l'éolienne sans utiliser de frein mécanique, ou juste arrêter les hélices avec votre main ? Est-ce possible ? Si oui, comment ?

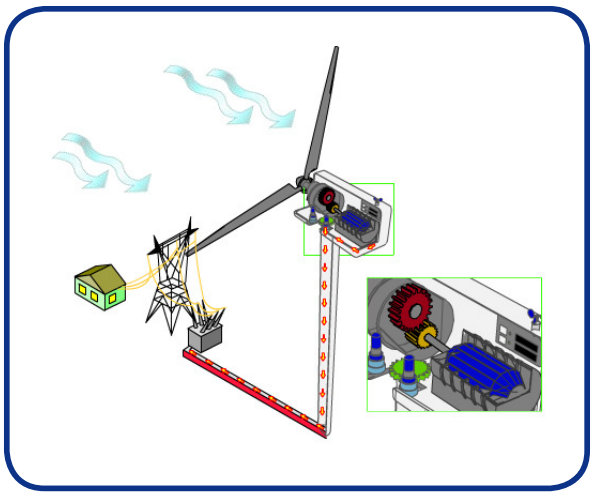
Bien, c'est possible – et cela se fait de cette manière – même avec les éoliennes commerciales qui sont restreintes.

Branchez le ventilateur à sa vitesse minimale et faites tourner les hélices de l'éolienne. Puis branchez un câble de démarrage directement aux terminaux rouge et noir de l'éolienne – ce qui coupe toute électricité. Remarquez comme les hélices ralentissent ou s'arrêtent, dépendamment à la force du vent. Pourquoi ?

L'éolienne essaie d'envoyer de l'énergie dans un court circuit sans succès. C'est comme faire du vélo sur une route plate et essayer de monter une pente raide avec la même force de pédalage ; au bout d'un moment le vélo ralentit ou s'arrête car sa source de puissance (vous) ne peut générer assez de force pour continuer. La Gravité est la force qui oblige le vélo à utiliser plus de puissance sur une colline – et une résistance légère est la raison pour laquelle l'éolienne s'arrête ou ralentit. La majeure Partie de l'énergie Partie dans de la chaleur [gâchée].

Liens internet

De bonnes notions de base concernant les éoliennes se trouvent ici :
http://www.science.howstuffworks.com/wind-power.htm
Une excellente animation d'une éolienne et d'autres informations utiles :
http://www1eere.energy.gov/windandhydro/wind_animation.html



animation d'une éolienne

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur le thème suivant : éléments d'une éolienne
Extraits du « manuel d'enseignement des énergies renouvelables » page 47
« le principe de fonctionnement des éoliennes est simple : la force du vent fait tourner les pales d'un rotor. Ce rotor est relié à une génératrice électrique par un axe.
Les éoliennes sont montées sur un mât afin de mieux capter l'énergie du vent. Plus le rotor est placé haut, plus il est capable de capter un vent fort et dépourvu de turbulences. Les éléments principaux d'une éolienne sont les pales, l'axe et la génératrice.

1. Les pales : les pales servent de barrières au vent. Lorsque le vent frappe les pales, il les force à tourner et une Partie de la force du vent est transmise est transférée au rotor.
2. L'axe : lorsque le rotor tourne, l'axe tourne également et l'énergie cinétique contenue dans le vent est transformée en énergie mécanique.
3. La génératrice : une génératrice utilise une différence de charge électrique (induction électromagnétique) pour créer une différence de potentiel (de tension). La tension représente en fait une différence de « pression électrique » ce qui constitue la force qui fait circuler le courant électrique. Cette tension fait circuler le courant électrique à travers le réseau de distribution (en courant alternatif 50 ou 60 Hz). des centrales de production vers les appareils consommateurs.

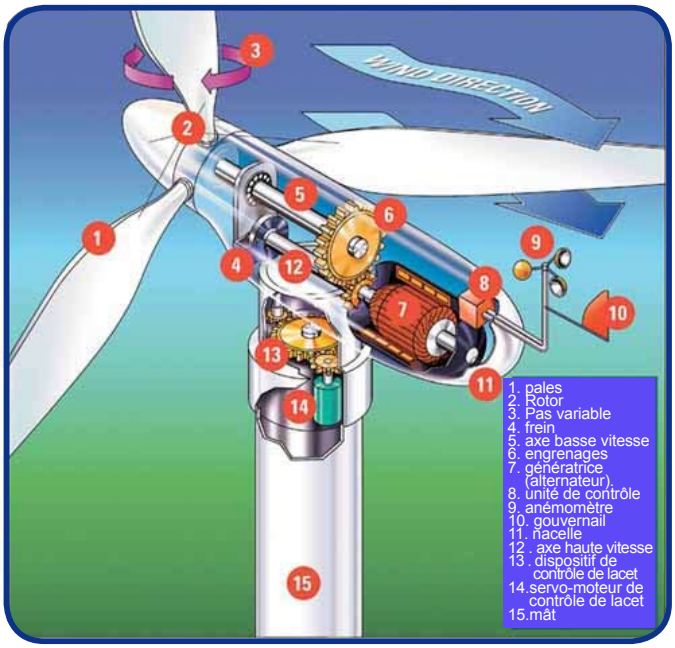


Figure 3 – éléments d'une éolienne

Sur la base de ces connaissances, les étudiants effectuent des recherches complémentaires concernant les éléments constitutifs d'une éolienne, avec une attention partieculière sur les engrenages qui constituent un élément important, le lien entre le rotor et la génératrice, dans lequel surviennent des pertes par frottement.

Voici un point de déPartie pour vos recherches:
http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/wind.how.html

Énergie Éolienne
Mesurer les tours par minute

Photo Credit – DIY WindTurbine.info

Contenu de la leçon

Cette expérience démontre la relation entre la vitesse de tours par minute de l'éolienne, et la puissance électrique produite. Les étudiants comprennent comment la vitesse du vent et la vitesse de rotation de la turbine résultent en une puissance de sortie.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants utiliseront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront, puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à se servir d'une éolienne modèle réduit qui produit un niveau de courant électrique en tension continue qui ne présente aucun danger.
- Les étudiants apprendront quelle est la relation entre la vitesse du vent et les tours par minutes de l'hélice de l'éolienne.
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires sur internet.

Résultats attendus

Cette expérience montre la relation entre la vitesse du vent et la vitesse de tours par minute de l'éolienne modèle miniature. L'élément surprenant dans le résultat attendu est qu'une charge électrique puisse ralentir le tour par minute avec la même vitesse de vent.

Les étudiants comprendront que :

1. Le tour par minute d'une éolienne est directement lié à la vitesse du vent – sans charge électrique.
2. L'introduction d'une charge électrique (une résistance variable) résultera en un ralentissement proportionnel à la résistance du tour par minute de l'hélice de l'éolienne.
3. L'éolienne peut être arrêtée en introduisant une lourde charge électrique – même si le vent continue de souffler.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants assemblent l'éolienne en utilisant trois pales courbées BP-28 et inclinent les pales à 15 degrés. Avec le ventilateur à sa vitesse maximale, les étudiants mesurent le tour par minute de l'éolienne sans charge électrique. Puis ils introduisent une charge électrique, et mesurent les effets du tour par minute.

SECURITE

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

Note: Cette expérience ne peut pas être effectuée avec un multimètre – seulement avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

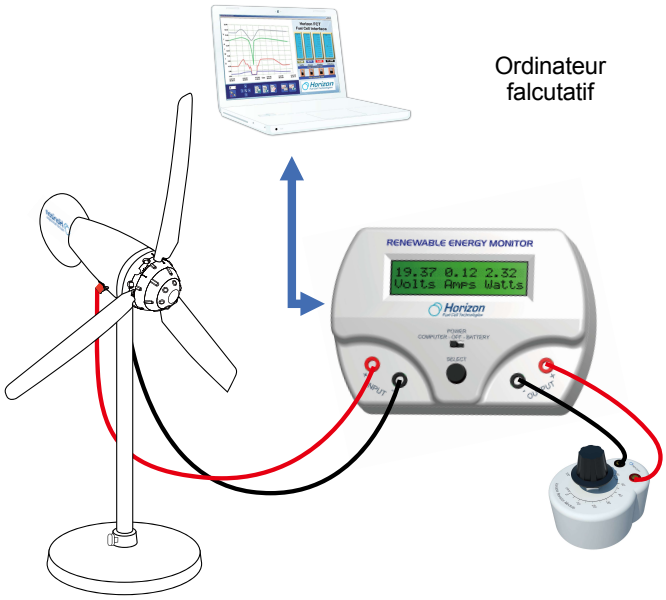
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50 cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
3 – Pales BP-28
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir

Pales de l'Éolienne

Installez trois (3) pales BP-28 sur le moyeu et attachez le moyeu à l'axe de l'alternateur. Inclinez-le à 15 degrés.
Referez-vous au **Guide d'assemblage WindPitch** pour plus d'instruction

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

1. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que les Ohms apparaissent.

3. Placez le ventilateur à environ 60cm en face de l'éolienne, et branchez-le à sa vitesse maximale
4. Réglez le potentiomètre jusqu'à ce que la résistance soit à 100 ohms
5. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que le tour par minute (RPM) apparaisse. Notez les données pour le tour par minute
6. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que les Ohms apparaissent.
7. Réglez le potentiomètre pour que la résistance soit à 50 ohms.
8. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que le tour par minute s'affiche. Notez les données pour le tour par minute.
9. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que les Ohms apparaissent
10. Réglez le potentiomètre jusqu'à ce que la résistance soit de 25 ohms.
11. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que le tour par minute apparaisse. Notez les données pour le tour par minute.
12. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que les ohms apparaissent.
13. Réglez le potentiomètre sur une résistance de 10 ohms.
14. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que le tour par minute apparaisse. Notez les données pour le tour par minute.

Traitement des données

Faites écrire aux étudiants les données pour le tour par minute dans le tableau ci-dessous.

Vos données

3 pales BP-28 à une inclinaison de 15°

Résistance	RPM
100 ohms	
50 ohms	
25 ohms	
10 ohms	

Analyse des résultats

Si vous avez utilisé le Moniteur d'Energie Renouvelable connecté à un ordinateur pendant l'expérience, votre graphique de données devrait ressembler à la Figure 1 pour chacun des quatre réglages.

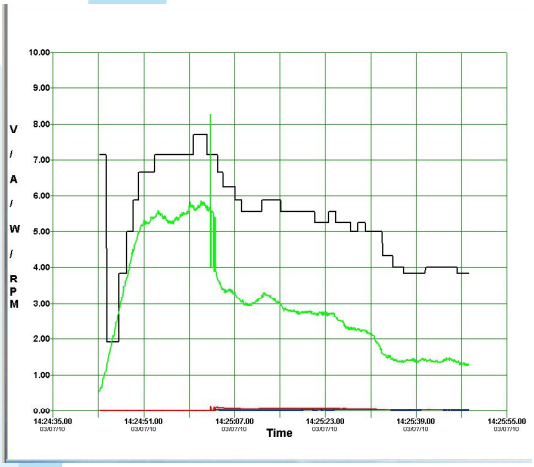


Figure 1 – Tension/Tours par minute pour 4 valeurs de résistance

Nos données
3 pales BP-28 à une inclinaison de 15°

Résistance	RPM
100 ohms	500
50 ohms	370
25 ohms	250
10 ohms	94

A partir des données ci-dessus vous pouvez observer comment un changement de résistance peut toucher la tension, le courant, la puissance et le tour par minute – plus basse est la résistance, plus bas sera le tour par minute. Si vous réduisez la résistance à zéro (un cout circuit) vous pourrez peut être arrêter complètement la rotation de l'hélice de l'éolienne. Cela dépend si la vitesse du ventilateur est un peu moins rapide que sa vitesse maximale.

Cette expérience nous montre que l'éolienne essaie d'apporter le plus de puissance quand la charge est plus grande (moins de résistance) alors que la vitesse du ventilateur, sa seule source de puissance, reste la même. C'est comme essayer de pédaler avec votre vélo sur une pente de plus en plus raide. Vous ralentirez car vous, la source de puissance du vélo, n'avez qu'une telle puissance à donner – exactement comme le ventilateur n'a qu'une telle vitesse de vent à donner à l'éolienne.

Hypothèses

Faîtes réfléchir les étudiants à la question suivante:

Si vous aviez une grande éolienne commerciale et que vous la connectiez de façon à apporter de l'énergie à votre maison ou apPartieement, que se passerait-il avec le tour par minute si vous branchiez les objets suivants – un à la fois?

- Une ampoule
- Une machine à café
- Un climatiseur
- Une machine à laver ou un sèche-linge

Pour cet exemple, imaginez que le vent souffle toujours à la même vitesse la nuit comme le jour. Expliquez dans votre réponse la quantité d'énergie dont chaque objet à besoin pour fonctionner.

Liens sur le net

Pour en apprendre plus sur le tour par minute des éoliennes et des vitesses extrêmes de vent, regardez ceci :
http://www.kidwind.org/PDFs/SUPPORT_Math_Tip%20Speed%20Ratio.pdf

Pousser la recherche

Les étudiants utiliseront le lien ci-dessus et d'autres informations trouvées sur le net pour faire des recherches sur l'aérodynamisme des pales d'éoliennes. Le lien suivant est aussi utile pour commencer leurs recherches :
http://www.awea.org/faq/vawt.html

Énergie éolienne Réglages pour une puissance maximale

Image Credit: Treehugger.com

Contenu de la leçon

Cette expérience démontre qu'il y a un Point de Puissance Maximal (PPM) ou l'éolienne génère plus de puissance électrique. Le but de cette expérience est de trouver le PPM pour une forme de pale à trois angles d'inclinaison différents et à vitesse de vent forte, moyenne et basse.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants utiliseront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants saisiront puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à se servir d'une éolienne modèle réduit qui produit un niveau de courant électrique en tension continue qui ne présente aucun danger.
- Les étudiants apprendront à régler une résistance variable pour trouver le point de puissance maximal (PPM).
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires concernant ce sujet sur internet

Résultats attendus

Cette expérience utilise une résistance variable comme le bouton du volume de votre autoradio. Comme si vous cherchiez une station radio, vous pouvez régler les performances de l'éolienne afin de générer une puissance maximale, en ajustant la résistance variable à sa valeur correcte.
Les étudiants comprendront que:
1. Une résistance variable réagit comme un absorbeur de puissance électrique sortant de l'éolienne. Ajuster sa valeur à un bon réglage produira une puissance maximale.
2. La puissance maximale varie selon la vitesse du vent, la forme des pales, le nombre de pales et l'angle d'inclinaison des pales. Elle change constamment dû à ces conditions, et à d'autres, comme la chaleur et la résistance à l'air des pales.
3. Il y a une portée étroite de valeur de résistance qui produit une puissance maximale pour l'éolienne modèle miniature.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants assemblent l'éolienne en utilisant trois pales courbées BP-28 et ajustent l'angle d'inclinaison en trois réglages – 15, 30 et 45 degrés. Pour chaque inclinaison, ils règlent la résistance variable de 100 ohms pour acquérir la puissance maximale de l'éolienne quand elle tourne au vent le plus fort.

SECURITE

Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux
Note: Cette expérience ne peut pas être effectuée avec un multimètre – seulement avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

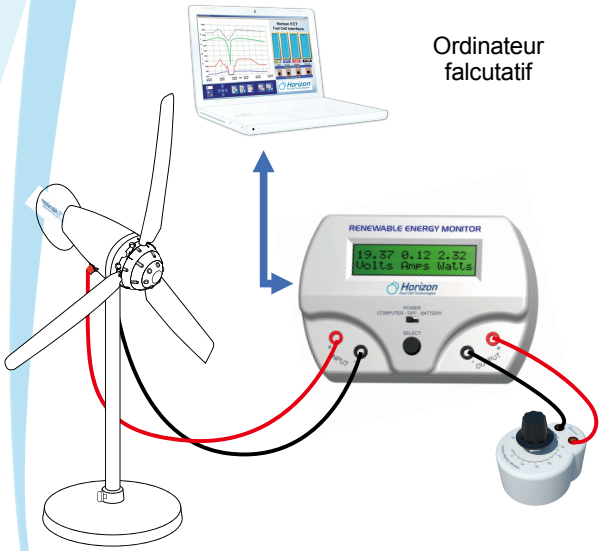
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50cm de diamètre recommandé)
1 – Potentiomètre 100 ohm
3 – Pales BP-28
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir

Pales de l'Éolienne

Installez trois (3) pales BP-28 sur le moyeu et attachez le moyeu à l'axe de l'alternateur. Inclinez-le à 15 degrés.
Referez-vous au **Guide d'assemblage WindPitch** pour plus d'instruction

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment
des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

1. Positionnez le commutateur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des mV mA mW.

3. Placez le ventilateur à environ 60 cm en face de l'éolienne, et branchez-le à sa vitesse maximale
4. Réglez le potentiomètre de 100 ohms jusqu'à ce que la puissance maximale en mW apparaisse
5. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
6. Appuyez sur le bouton Select et enregistrez les ohms
7. Branchez le ventilateur à la vitesse moyenne
8. Réglez le potentiomètre de 100 ohms jusqu'à ce que la puissance maximale en mW soit afffichée
9. Enregistrez la tension, le courant, la puissance et les ohms.
10. Branchez le ventilateur à sa vitesse minimale.
11. Réglez le potentiomètre à 100 ohms jusqu'à ce que la puissance maximale en mW soit affichée.
12. Enregistrez la tension, le courant, la puissance et les ohms.
13. Répétez les étapes 4 à 11 avec un angle d'inclinaison de 30 degrés.
14. Répétez les étapes 4 à 11 avec un angle d'inclinaison de 45 degrés.

Traitement des données

Demandez aux étudiants de noter les données pour la tension, le courant, la puissance et la résistance dans le tableau ci-dessous. Ajoutez deux tableaux similaires pour les angles d'inclinaison à 30 et 45 degrés.

Nos données
3 pales BP-28 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW	ohms
Forte	3868	96	371	40
Medium	2951	39	115	75
Lentel	1923	30	58	64

Vos données
3 pales BP-28 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW	ohms
Forte				
Medium				
Lentel				

Analyse des résultats

Si vous avez utilisé le Moniteur d'Energie Renouvelable connecté à un ordinateur pendant l'expérience, votre graphique de données devrait ressembler à la Figure 1 pour chacune des vitesses de vent.

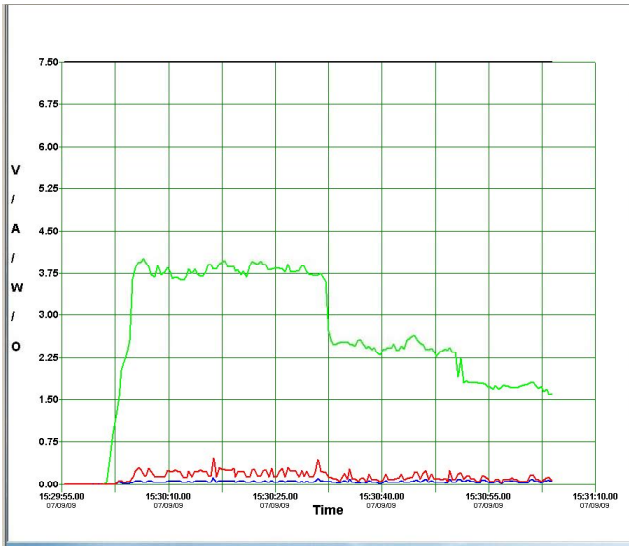


Figure 1 – Graphique des courbes de tension pour 3 vitesses de vent

Nos données
3 pales BP-28 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW	ohms
Forte	3868	96	371	40
Medium	2951	39	115	75
Lentel	1923	30	58	64

Nos données
3 pales BP-28 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW	ohms
Forte	3000	58	174	52
Medium	1937	31	60	63
Lentel	1333	20	27	67

Nos données
3 pales BP-28 à une inclinaison de 15°

Vitesse du vent	mV	mA	mW	ohms
Forte	1889	39	74	48
Medium	1152	20	23	58
Lentel	811	13	11	62

A partir des données ci-dessus vous pouvez voir comment un petit changement de résistance peut affecter la puissance de sortie de l'éolienne. Notez aussi que la puissance générée à l'angle d'inclinaison de pale de 15 degrés est plus grande qu'à 30 ou 45 degrés. C'est aussi parce que les pales ont un plus fort « tirage » au vent à ces angles plus grands. Il est important de noter qu'une plus grande résistance est nécessaire pour une puissance maximale à vent faible, car l'éolienne ne peut pas fournir de charge plus lourde à vent faible.

Hypothèses

Faîtes réfléchir vous étudiants sur la question suivante:
Imaginons que vous soyez ingénieur en éolienne et que votre mission était de construire une éolienne à angle de pales "fixe" pour différents clients. Le but du design de votre éolienne est de capturer une puissance de vent maximale des pales à angle fixe, dépendant des conditions éoliennes. Vos réponses dépendent majoritairement des données rassemblées pour cette expérience.
Un client vit dans le désert, loin des buildings et des arbres, où le vent souffle continuellement, jour et nuit, à une forte vitesse. Quel angle d'inclinaison des pales utiliseriez-vous pour cette éolienne?
Un autre client vit à la campagne où le vent est modéré la plupart du temps et où il y a beaucoup d'arbres qui interfèrent avec le vent, mais qui ne le bloquent pas totalement. Quel angle d'inclinaison des pales utiliseriez-vous pour cette éolienne ?
Un troisième client vit en ville dans un apPartieement en hauteur. Il n'y a pas beaucoup de place pour une éolienne, mais le propriétaire du bâtiment autorisera la personne à mettre une éolienne sur le toit de l'immeuble. Le vent sur le toit est habituellement bas et instable à cause d'autres plus grands immeubles qui bloquent l'accès à l'éolienne. Quel angle d'inclinaison des pales utiliseriez-vous pour cette éolienne ?

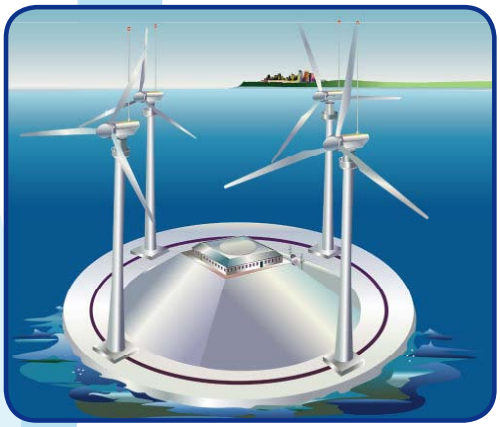
Liens sur le net

Pour en apprendre plus sur les design et contrôles d'angles d'inclinaison de pales d'éolienne, commencez par celui-ci :
http://www.docstoc.com/docs/5549553/multi-blade-wind-turbine

Do More Research

Les étudiants utiliseront le lien internet ci-dessus et d'autres informations trouvées sur le net pour faire des recherches sur la capture du Point de Puissance Maximale ou « Maximum Power tracking » appelée MPPT.

Utiliser l'énergie éolienne pour produire de L'hydrogène



Station de stockage fluxante de production d'hydrogène par énergie éolienne. Credit PSEN.com Dessin concept par Tom L. Lee

Contenu de la leçon

Cette leçon permettra de démontrer que l'énergie éolienne nous permet de produire de l'hydrogène et de l'oxygène, en convertissant l'eau en gaz hydrogène et en oxygène, par électrolyse de l'eau. L'hydrogène est à nouveau réunit avec l'oxygène provenant de l'air, pour produire de l'électricité, en utilisant une pile à combustible. La pile à combustible est utilisée pour faire fonctionner un moteur. Les données des deux procédés sont enregistrées et analysées.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront, puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à se servir d'une éolienne modèle réduit qui produit un niveau de courant électrique en tension continue qui ne présente aucun danger.
- Les étudiants apprendront les principes de l'électrolyse en utilisant l'énergie éolienne et une pile à combustible
- Les étudiants apprendront à effectuer des calculs relatifs à l'énergie
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires sur internet.

Résultats attendus

Les étudiants découvriront que l'énergie électrique produite par une éolienne (modèle réduit) permet d'effectuer l'électrolyse de l'eau, c'est-à-dire de décomposer l'eau en hydrogène et en oxygène grâce à un électrolyseur.
Les étudiants constateront ensuite que ces deux gaz recombinés par une pile à combustible produiront de l'énergie électrique qui permettra de faire fonctionner un moteur.
Les étudiants comprendront que:
1. L'énergie éolienne peut être utilisée pour produire de l'hydrogène et de l'oxygène de manière propre, renouvelable, sans pollution.
2. L'hydrogène est un « vecteur d'énergie», et il peut être stocké pour produire de l'électricité ultérieurement.
3. L'énergie mesurée en Joules ou Watt/seconde est différente de la puissance. L'énergie est composée de temps, et la puissance est une donnée instantanée

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants branchent une éolienne modèle miniature à un électrolyseur alimenté en eau et, en utilisant l'électricité produite par l'éolienne, créent de l'hydrogène et de l'oxygène. Ils inversent le procédé et utilisent l'hydrogène stocké pour faire fonctionner une pile à combustible qui, à son tour, devient une source de puissance pour le moteur électrique. Des données sont prises pendant la production d'hydrogène aussi bien que pendant la mise en marche du moteur. Les données sont analysées pour déterminer l'énergie utilisée dans l'électrolyse de l'eau, aussi bien que l'énergie utilisée pour le moteur.

SECURITE

Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

L'expérience avec un multimètre

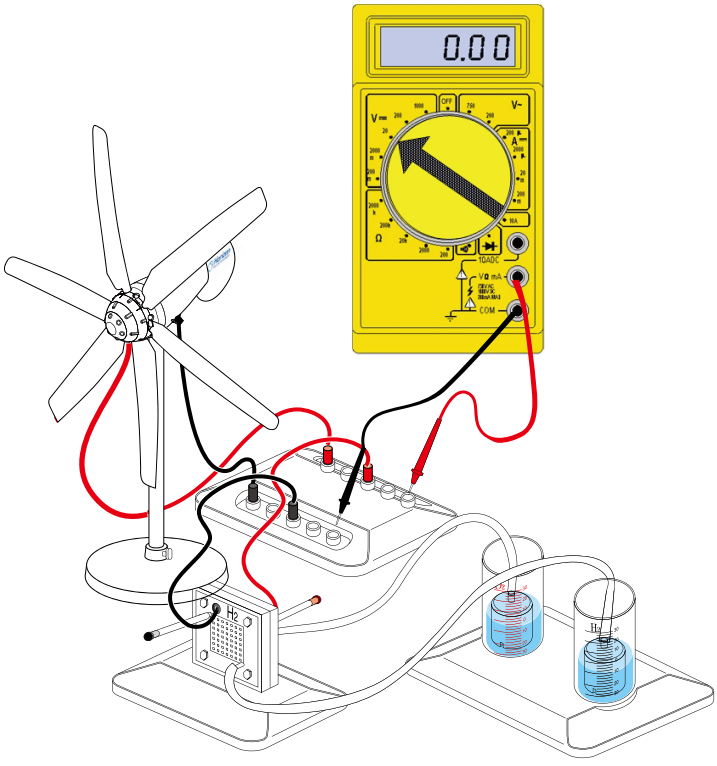
Matériel

1 – Éolienne WindPitch
1- Ventilateur de table (50cm de diamètre recommandé)
1 – Unité d'électrolyse à compartiements à gaz
1 – Pile à combustible
1 – Moteur et hélice
1 – Montre, horloge ou chronomètre
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platine de branchement

Pales de l'Éolienne

Installez le moyeu de l'éolienne avec six (6) pales courbées fournies dans le kit. Utilisez des combinaisons des pales BP-28, NACA 44 ou NACA 63. Inclinez les pales de 15 degrés. Referez-vous au Guide d'assemblage WindPitch pour plus d'instruction

Installation de l'équipement # 1



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

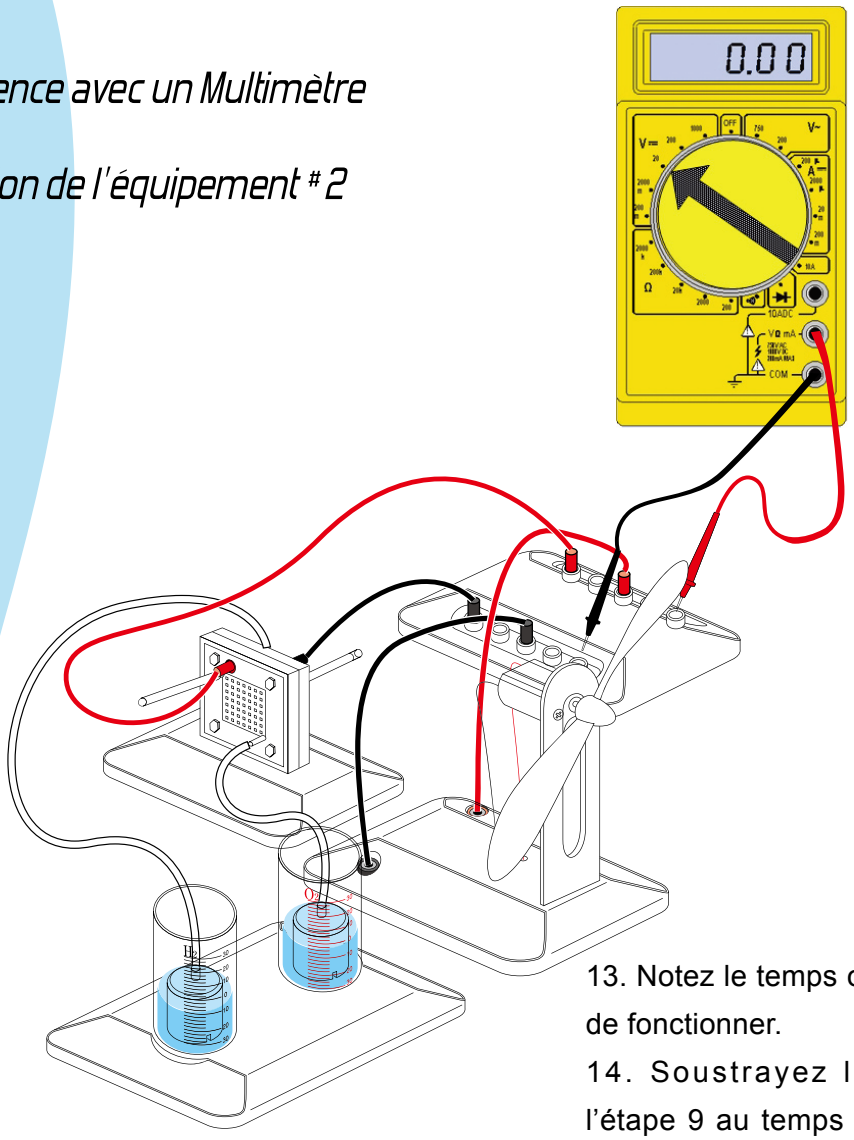
Partie 1:

1. Installer l'équipement comme indiqué par l'illustration # 1
2. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC sur une échelle de 10 Volts DC minimum
3. Remplir les deux cylindres réservoirs d'oxygène et d'hydrogène d'eau distillée, jusqu'à la graduation 20ml.
4. Placer le ventilateur proche et bien en face de l'éolienne. Le mettre en marche sur sa plus grande vitesse.
5. Veillez à ce que l'éolienne génère AU MINIMUM 1,5 volts. Sinon, rapprochez l'éolienne du ventilateur jusqu'à ce que ce soit le cas. Aussi, veillez à ce que l'angle d'inclinaison des pales soit bien entre 10 et 15 degrés. L'éolienne est sensible à ce réglage à forte vitesse de vent.
6. Notez le temps sur le chronomètre. Autorisez au ventilateur et à l'éolienne à fonctionner pendant 10 minutes – pas plus.
7. Enregistrez la tension et le courant pendant l'expérience. Vous devrez brancher le multimètre aussi bien en parallèle (pour la tension) qu'en série (pour le courant) pour cette étape. Referez-vous au **Guide d'expérimentation** pour vous aider.
8. Eteignez le ventilateur après 10 minutes et convertissez ce temps en secondes (10 x 60 = 600 secondes).

Procédez à la deuxième Partie de l'expérience sur la page suivante. Installez l'équipement comme illustré dans l'Installation de l'Equipement #2

L'expérience avec un Multimètre

Installation de l'équipement # 2



Partie 2:

9. N'utilisez plus l'éolienne et remplacez-la par l'équipement de l'installation #2.
10. Connectez le câble électrique rouge de la pile à combustible à la platine de branchement, et notez le temps à votre montre. Si le moteur ne commence pas immédiatement à tourner, poussez légèrement les pales avec le doigt, en faisant bien attention à ne pas vous blesser avec l'hélice.
11. Enregistrez la tension et le courant pendant cette expérience. Vous aurez besoin de brancher le multimètre aussi bien en parallèle (pour la tension) qu'en série (pour le courant) pour cette étape. Referez-vous au **Guide d'expérimentation** pour vous aider.
12. Permettez au moteur de fonctionner jusqu'à ce que tout l'hydrogène soit utilisé.
13. Notez le temps ou le moteur-hélice arrête de fonctionner.
14. Soustrayez le temps du début de l'étape 9 au temps de l'arrêt à l'étape 12 et convertissez ce nombre en secondes.

Traitement des données

Faîtes écrire à vos étudiants les données pour le temps, la tension et le courant dans le tableau ci-dessous. Faîtes-leur calculer la puissance basée sur l'enregistrement de la tension et du courant. Referez-vous à la section détail du guide d'expérimentation pour vous aider.

Nos données

	Seconds	Volts	Amps	Watts
Partie 1	600	1.523	0.025	0.381
Partie 2	20	0.732	0.380	0.278

Vos données

	Seconds	Volts	Amps	Watts
Partie 1				
Partie 2				

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

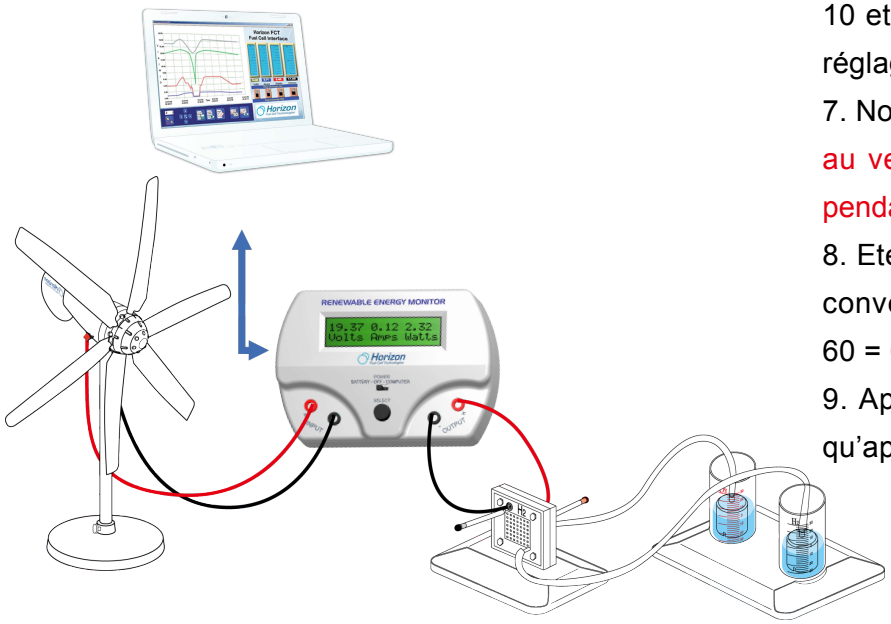
Matériel

1 – Éolienne à 6 pales courbées
1 – Ventilateur (50cm de diamètre recommandé)
1 – Unité d'électrolyse à compartiements à gaz
1 – Pile à combustible
1 – Moteur et hélice
1 – Horloge, montre ou chronomètre
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platine de branchement

Pales de l'Éolienne

Installez l'éolienne avec six (6) pales courbées fournies dans le kit. Utilisez des combinaisons des pales BP-28, NACA 44 ou NACA 63. Réglez l'angle d'inclinaison des pales à 15 degrés. Referez-vous au **Guide d'assemblage du windpitch** pour plus d'instruction.

Installation de l'équipement # 1



Effectuer l'expérience

Attention: Ne jamais toucher les pales en mouvement et porter constamment
des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

Partie 1:

1. Installez l'équipement comme indiqué dans « installation de l'équipement #1 »
2. Positionnez le commutateur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
3. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce qu'apparaisse les mV-mA-mW

4. Remplissez les réservoirs d'hydrogène et d'oxygène d'eau distillée jusqu'à la graduation 20 ml
5. Placez le ventilateur directement en face de l'éolienne et branchez-le à sa vitesse maximale.
6. Veillez à ce que l'éolienne génère AU MINIMUM 1,5 volts. Sinon, déplacez l'éolienne plus près du ventilateur jusqu'à ce que ce soit le cas. Aussi, veillez à ce que l'angle d'inclinaison des pales soit bien entre 10 et 15 degrés. L'éolienne est sensible à ce réglage pour cette grande vitesse de vent.
7. Notez le temps sur votre montre. Permettez au ventilateur et à l'éolienne de fonctionner pendant 10 minutes – pas plus.
8. Eteignez le ventilateur après 10 minutes et convertissez ce nombre en secondes (10 x 60 = 600 seconds).
9. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce qu'apparaissent les Joules.

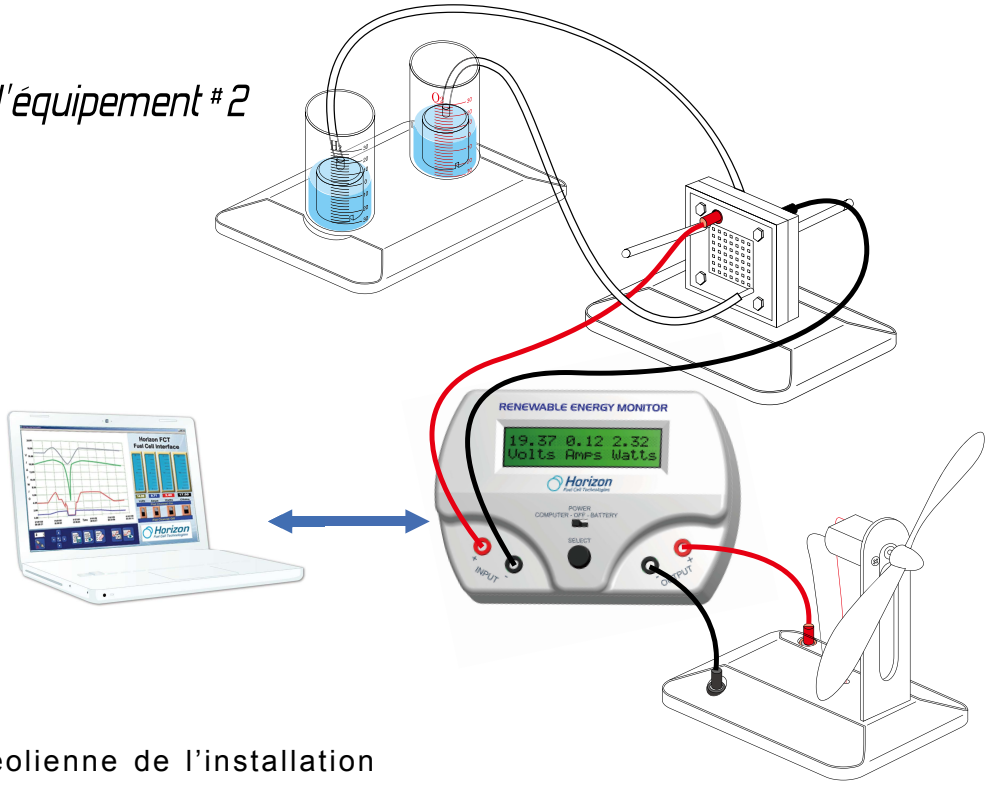
10. Notez ces données comme une référence pour le calcul d'énergie qui suit appelé E1.

Procédez à la Partie 2 de l'expérience sur la page suivante

Installez l'équipement comme illustré dans l'Installation de l'Equipement #2

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

Installation de l'équipement # 2



Partie 2:

11. Enlevez l'éolienne de l'installation et remplacez-la avec l'équipement de l'installation #2
12. Connectez le câble électrique rouge à la platine de branchement et notez le temps sur votre montre. Si le moteur ne se met pas immédiatement en marche, poussez légèrement les pales avec le doigt, en faisant bien attention à ne pas vous blesser avec l'hélice.
13. Notez le temps où le moteur-hélice s'arrête de fonctionner.
14. Soustrayez le temps de début à l'étape 8 au temps d'arrêt à l'étape 10 et convertissez ce nombre en secondes.
15. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce qu'apparaissent les Joules.

16. Notez les données comme référence pour le calcul d'énergie qui suit appelé E2.

Traitement des données

Faîtes écrire à vos étudiants le temps, la tension et le courant dans le tableau ci-dessous. Nous avons noté nos données, comme exemple.

Nos données

	Seconds	Volts	Amps	Watts
Partie 1	600	1.523	0.025	0.381
Partie 2	20	0.732	0.380	0.278

Vos données

	Seconds	Volts	Amps	Watts
Partie 1				
Partie 2				

Analyse des résultats

Sur la base des données figurant dans le tableau de mesures de la Partie 1, calculer l'énergie utilisée pour produire l'hydrogène, (opération d'électrolyse). L'énergie est calculée en multipliant la puissance par le temps écoulé. Par exemple, si l'on considère notre tableau de mesures de la Partie 1 de l'expérience, nous obtenons :

E1 = puissance (en watts)x temps (en secondes)

E1 = 0.38 x 1200

E1 = 45,6 watts-secondes

Si vous avez utilisé le Moniteur d'Energie Renouvelable un graphique tel que celui de la Figure 1 montre la montée en tension au début de l'expérience, de 0.75 Volts vers 1.50 Volts lors du début du processus d'électrolyse. La décomposition de l'eau en hydrogène et oxygène requiert une tension minimum de 1.5 Volts. De plus, notre courant produit, donc notre puissance sont très faibles. Notre production d'hydrogène est donc très réduite.

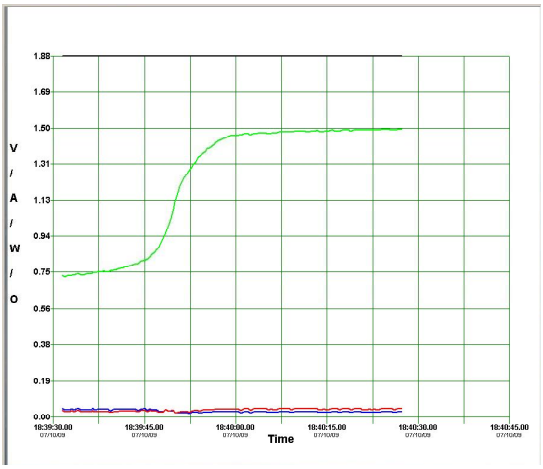


Figure 1 Cycle d'électrolyse

Ensuite, en utilisant les données du tableau de la Partie 2, calculer l'énergie consommée par le moteur électrique et son hélice. Par exemple, si l'on reprend nos valeurs du tableau de la Partie 2, nous obtenons :

E2 = puissance (Watts) x Temps (secondes)

E2 = 0.028 x 20

E2 = =.56 Watts-secondes

Si vous avez utilisé l'accessoire de mesures, un graphique tel que celui représenté par la figure 2 montre l'énergie transmise par la pile à combustible au moteur électrique.Noter à quelle vitesse le phénomène se produit

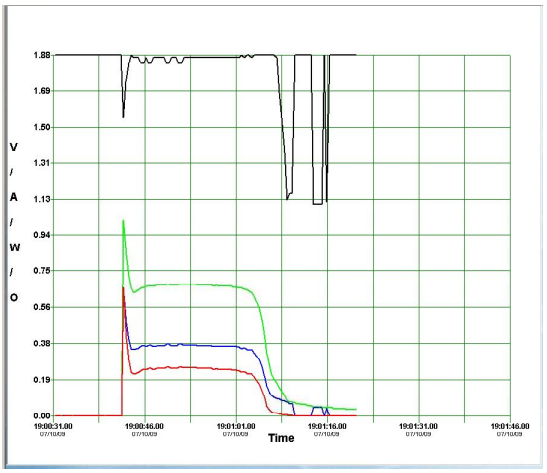


Figure 2 – Cycle de décharge

Si l'on considère le court laps de temps durant lequel notre moteur a fonctionné, il est facile de conclure que notre modèle d'éolienne n'est pas à même de fournir assez d'énergie pour produire suffisamment d'hydrogène afin de permettre à notre moteur de tourner durant un temps raisonnable.

Le temps nécessaire pour produire l'hydrogène a été de 20 minutes, alors que le temps durant lequel le moteur électrique a fonctionné est de 20 secondes, c'est à dire 60 fois plus court (selon notre expérience).

Heureusement ceci n'est pas le cas pour les éoliennes industrielles, comme les prochaines sections de l'expérience vont le démontrer.

Ce que vous avez appris, c'est comment calculer l'énergie. L'énergie et la puissance sont en relation, mais la puissance ne contient pas de notion de temps, alors que l'énergie est calculée par le produit de la puissance en Watts, par le temps en secondes. C'est pourquoi elle est exprimée ici en Watts-secondes. Le compteur électrique de votre habitation est calibré en kilowatts.heures afin de calculer votre facture d'électricité. Un kilowatt correspond à mille watts et une heure correspond à 3600 secondes. Pour convertir des watts.secondes en kilowatt.heures, il convient donc de diviser par 3'600'000.

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes :

Que se passerait-il s'il n'y avait plus d'essence pour alimenter nos voitures ? (Ceci arrivera dans un avenir de quelques décennies). Pourrions-.nous alors utiliser de l'hydrogène en remplacement de l'essence ?
Si c'était le cas, comment développeriez-vous un système permettant de produire assez d'hydrogène pour alimenter toutes les voitures en carburant ? Comme les compagnies pétrolières qui ont pompé, acheminé, raffiné le pétrole brut pour en faire de l'essence, puis la transporter vers les stations service ?
Si des éoliennes peuvent produire de l'hydrogène, comme le montre cette expérience (bien que pas très efficacement avec notre modèle d'éolienne), alors réfléchissez à la manière de construire des parcs éoliens permettant de produire de l'hydrogène et de l'oxygène à partir de vent et d'eau. Imaginez ensuite, comment stocker cet hydrogène puis le transporter vers les stations service.
Mis à Partie l'hydrogène, qui achètera l'oxygène pur produit en même temps ? Allons nous le vendre séparément ? Allons nous le laisser s'échapper dans l'atmosphère et s'ajouter ainsi à l'oxygène produit par les plantes par photosynthèse ?
L'information contenue dans les prochaines sections vous aidera à répondre à ces questions.

Références dans le Guide d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent l'information contenue dans les pages suivantes afin de répondre aux questions et pour se préparer à faire des recherches complémentaires concernant cette expérience.
Page 50 – estimation simplifiée de l'énergie éolienne
page 51 – parcs éoliens

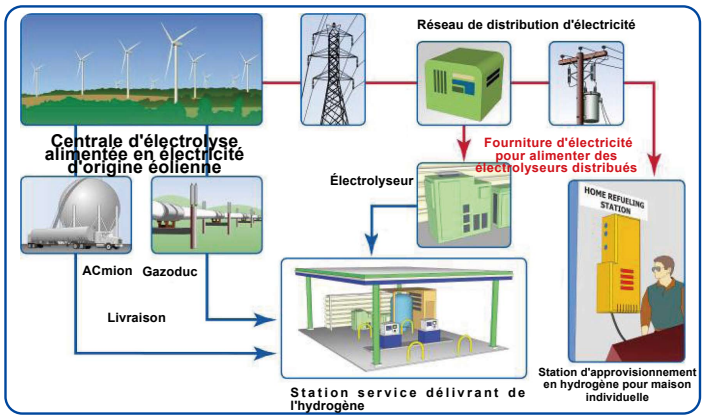
Liens internet

Pour apprendre plus concernant la production d'hydrogène à partir d'énergie éolienne, consulter le site :
http;//www.nrel.gov/hydrogen/proj_wind_hydrogen.html

Une manière intéressante de le faire sur la mer :
http://www.windhunter.org/

Effectuer d'autres recherches

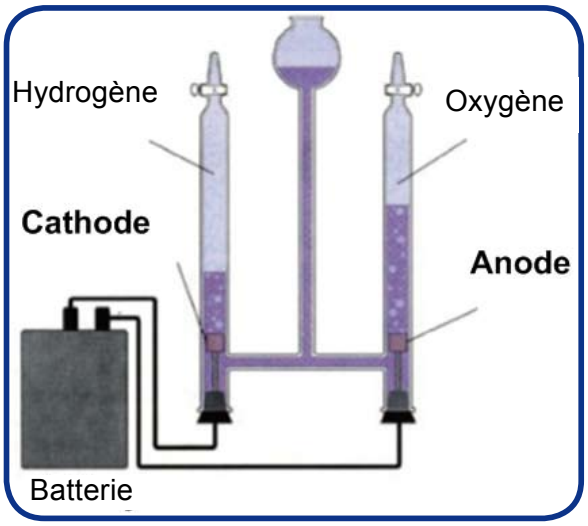
Les étudiants effectuent des recherches relatives à hydrogène d'origine éolienne, son stockage et sa distribution.



Les liens internet suivants apPartieenant au NRL (National Research Laboratiry) donnent une information utile à ce sujet.
Http://www.nrel.gov.docs/fy06osti/39534.pdf
http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35404.pdf

Les étudiants débattent puis rédigent sur le thème : méthodes possible pour produire de l'hydrogène à partir d'eau et d'énergie éolienne en utilisant des parcs éoliens. Comment stocker et distribuer l'hydrogène vers un large public ?
Les étudiants élaborent des hypothèses sur l'émergence d'une « économie de l'hydrogène » ou « société de l'hydrogène » en remplacement de notre économie actuelle basée sur les combustibles fossiles.

Opération d'électrolyse Production d'hydrogène et d'oxygène à partir d'eau



Contenu de la leçon

Cette expérience montrera comment de l'eau pure peut être décomposée en hydrogène et en oxygène gazeux, à l'aide d'un appareil appelé électrolyseur..

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront les principes de l'électrolyse en utilisant une batterie et une pile à combustible
- Les étudiants apprendront à effectuer des calculs d'énergie
- Les étudiants utiliseront internet pour effectuer des recherches complémentaires

Résultats attendus

Les étudiants constateront que l'énergie contenue dans deux batteries AA de 1,5 Volts assemblées dans un boîtier délivrant une tension de 3 Volts permet de décomposer de l'eau en hydrogène et en oxygène. Les étudiants découvrent que ces deux gaz sont produits dans selon une proportion 2:1, conformément à la formule chimique de l'eau, H2O.

Les étudiants comprendront que :

1. L'hydrogène n'étant pas un élément que l'on trouve à l'état pur sur terre, l'électrolyse est nécessaire pour décomposer l'eau en hydrogène et en oxygène.
2. Le processus d'électrolyse peut également être réalisé avec des algues ou d'autres espèces végétales
3. Les méthodes modernes d'électrolyse permettent de produire de grandes quantités d'hydrogène (sous pression), qui peuvent être utilisées pour propulser des véhicules ou alimenter des appareils électriques.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants relient un boîtier de batteries de 3 Volts à un appareil d'électrolyse pour produire de l'hydrogène et de l'oxygène à partir d'eau. Les étudiants mesurent la quantité d'énergie utilisée ainsi que le temps requis pour produire une certaine quantité de gaz, puis ils analysent les résultats.

Securité

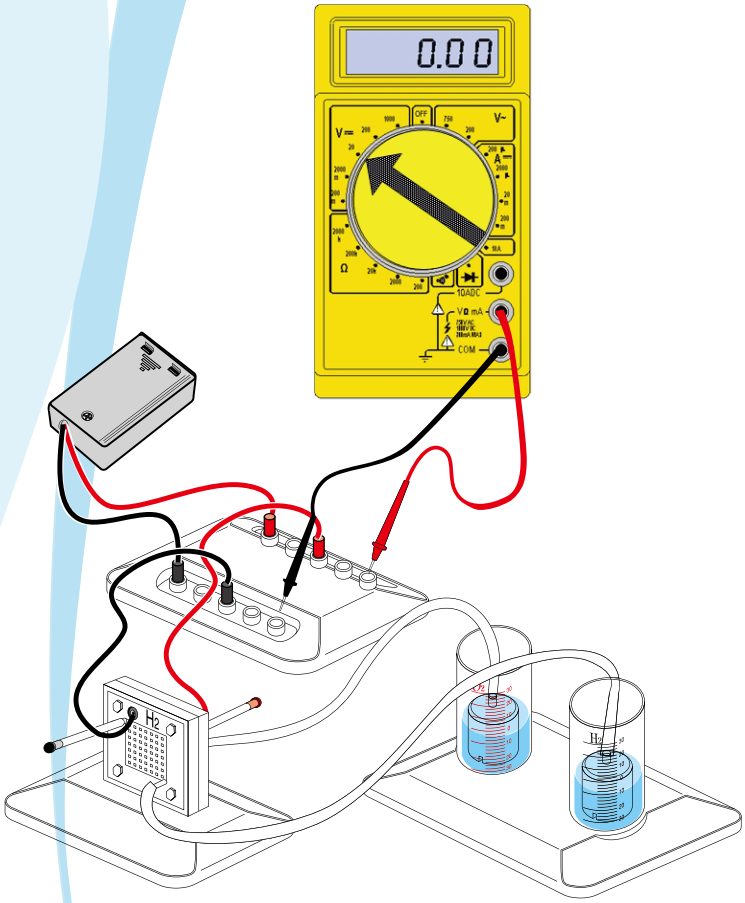
Porter constamment des lunettes de protection afin de prévenir toute blessure aux yeux.

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

1- Boîtier de batteries de 3 Volts
1- Electrolyseur
1- Montre ou chronomètre
2- Câble de connexion rouge
2- Câble de connexion noir
1- Platine de branchements

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

1. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC, sur une échelle de 5 Volts minimum
2. Remplir d'eau distillée les deux cylindres réservoirs d'hydrogène et d'oxygène jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les deux cloches de verre internes se remplissent d'eau jusqu'au sommet

Injecter environ 1cc d'eau distillée dans l'électrolyseur du côté « oxygène » prise rouge.

3. Placer l'interrupteur du boîtier de batterie en position marche « ON »
4. Noter l'heure exacte du début du processus d'électrolyse. Puis mesurer le temps nécessaire pour remplir complètement les 20 ml de la cloche de verre contenant l'hydrogène. Vous constaterez que la cloche est pleine de gaz au moment où des bulles monteront à la surface du cylindre externe.
5. Noter la tension (V) et le courant I (Ampères)durant l'expérience. Pour ce faire, il sera nécessaire de placer le multimètre en parallèle (pour mesurer la tension), puis de le brancher en série (pour mesurer le courant) et de changer la position du commutateur en fonction de la mesure à effectuer. Se référer au chapitre «Utilisation d'un multimètre» dans le présent manuel pour plus d'information
6. Placer l'interrupteur du boîtier de batteries en position arrêt « OFF », lorsque la cloche contenant l'hydrogène est pleine de gaz
7. Noter l'heure exacte de la montre, ou le temps mis pour la production de 20 ml d'hydrogène et reporter ces valeurs dans le tableau ci-dessous.

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs de temps, de tension et de courant dans le tableau ci-dessous.

Ils calculent ensuite les valeurs correspondantes de puissance. Se référer au chapitre 1, paragraphe « calcul de la puissance électrique » du présent manuel pour plus d'information.

Nous avons reporté ici les valeurs mesurées lors de l'expérience, comme exemple :

Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 1	180	2.173	0.543	1.18

Vos données

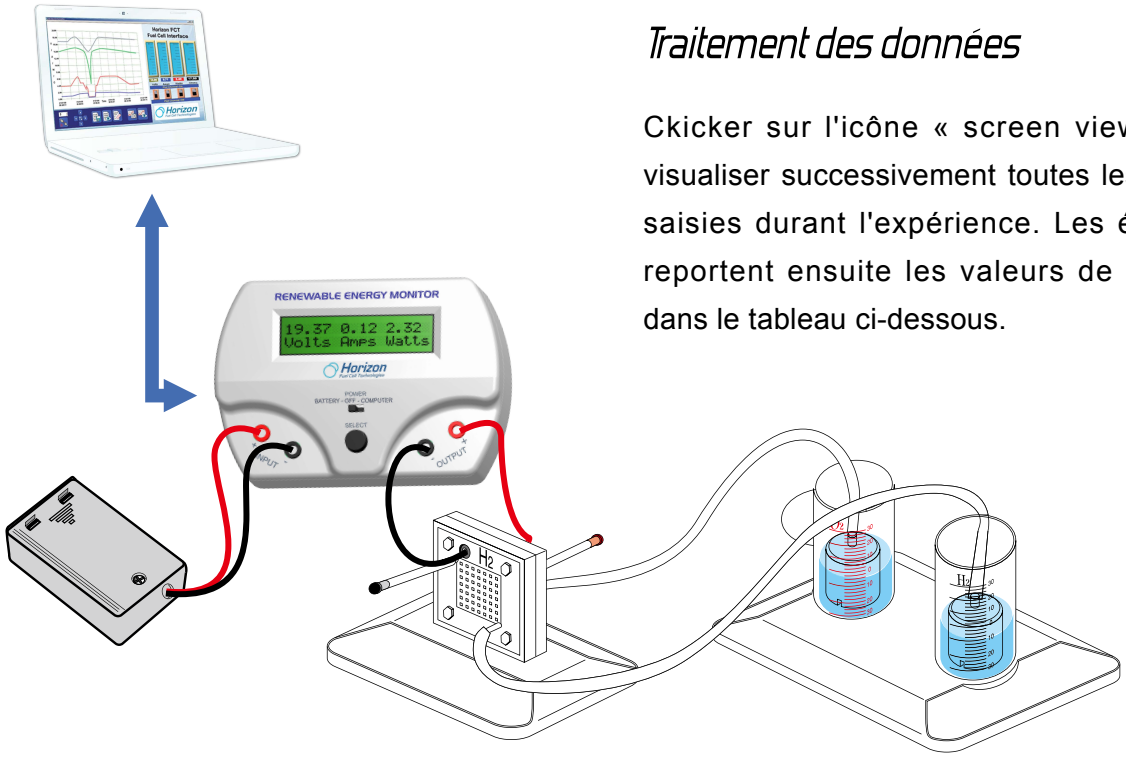
	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 1				

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesures

Equipement

1- Boîtier de batteries de 3 Volts
1- Electrolyseur
1- Montre ou chronomètre
2- Câble de connexion rouge
2- Câble de connexion noire
1- Platine de branchements électriques

Installation de l'équipement



Effectuer l'expérience

1. Remplir d'eau distillée les deux cylindres réservoirs jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les cloches de verre internes sont replies d'eau jusqu'à leur sommet
2. Placer l'interrupteur du boîtier de batteries en position marche « ON »
3. Noter l'heure exacte ou démarrer le chronomètre afin de pouvoir déterminer le temps nécessaire pour atteindre la graduation 20 ml d'hydrogène
4. Cliquer sur l'icône «screen capture» pour enregistrer la tension, le courant et la puissance. Noter la date, car cette donnée fait Partie du nom du fichier qui sera créé
5. Placer l'interrupteur du boîtier de batteries en position arrêt « OFF », dès que le niveau d'hydrogène aura atteint la graduation 20 ml
6. Noter l'heure exacte ou le temps mis pour produire ces 20 ml d'hydrogène et entrer cette valeur dans le tableau ci-dessous.

Traitement des données

Ckicker sur l'icône « screen view » pour visualiser successivement toutes les images saisies durant l'expérience. Les étudiants reportent ensuite les valeurs de mesures dans le tableau ci-dessous.

Nos données

Secondes	Volts	Ampères	Watts
180	2.173	0.543	1.18

Vos données

Secondes	Volts	Ampères	Watts

Analyse des résultats

Premièrement, il convient de noter que le niveau d'oxygène correspond à la marque 10 ml, ce qui représente la moitié du volume d'hydrogène qui a atteint la graduation 20 ml. Ceci confirme qu l'eau est constituée de deux Parties d'hydrogène et d'une Partie d'oxygène comme sa formule chimique H2O l'indique.

Si vous utilisez **le Moniteur d'Energie Renouvelable** et son logiciel, un graphique similaire à celui figurant ci -dessous serait disponible, montrant les 30 premières secondes du processus d'électrolyse. La tension de batteries de plus de deux volts est largement suffisante pour effectuer l'électrolyse. La décomposition de l'eau requiert en effet environ 1.5 volts au minimum pour se produire.

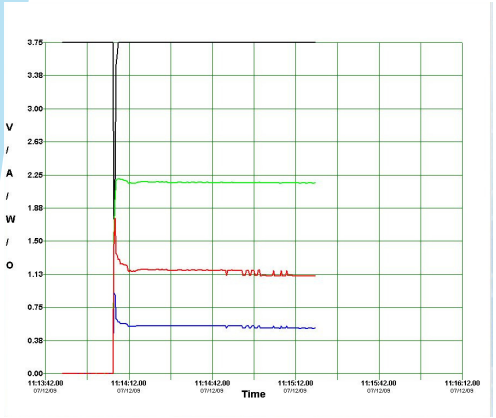


Figure 1 – Le cycle d'électrolyse

A partir des données contenues dans le tableau, calculer la quantité d'énergie nécessaire pour produite l'hydrogène. L'énergie se calcule en multipliant la puissance par le temps. Comme exemple, voici les calculs effectués à partir de nos données :

E1 = Puissance * Temps

E1 = 1.18 * 180 = 212.4 watts-secondes

Il est possible de convertir les watts-secondes en watt-heures en divisant les watts-secondes par 3600.

Watt-hours = watt-sec x (min/60sec) x (hour/60min) = watt-sec / 3600

Hypothèses

Les étudiants discutent les thèmes suivants :

1. Si vous étiez un chimiste ou un ingénieur et que vous deviez inventer une nouvelle batterie à hydrogène, une batterie que vous puissiez recharger avec de l'hydrogène puis replacer dans votre téléphone mobile ou votre ordinateur portable. Lorsque la batterie aurait épuisé son énergie, il vous suffirait de refaire le plein d'hydrogène, un peu à la manière dont vous rechargez vos batteries conventionnelles. La connaissance du cycle de l'électrolyse vous donne une bonne indiACtion de comment entreprendre cette invention.
2. Si vous étiez un biologiste et que vous connaissiez la capacité qu'ont certaines plantes, comme des algues, de produire de l'hydrogène naturellement, comment envisageriez vous de capter cet hydrogène et de l'utiliser pour produire de l'électricité ?

L'information contenue dans les prochains paragraphes peuvent vous aider à répondre à ces questions.

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent l'information figurant dans les pages suivantes du manuel précité afin de pouvoir répondre aux questions et de vous préparer à faire des recherches complémentaires.

Page 54 – Introduction

Page 58 – Types d'électrolyseurs

Page 65 – Opportunités pour l'électrolyse

Liens internet

http://www.wired.com/science/discoveries/news/1002/08/54456

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur le thème suivant : conception et types d'électrolyseurs.

Extraits du Manuel d'enseignement des énergies renouvelables - « les électrolyseurs peuvent être réparties en deux catégories principales, les électrolyseurs unipolaires et les électrolyseurs bipolaires. Les electrolyseurs unipolaires utilisent le plus souvent un électrolyte liquide, alors que les électrolyseurs bipolaires utilisent un électrolyte polymère solide. »

Structure unipolaire

Les premiers électrolyseurs utilisèrent une structure unipolaire. Un exemple d'électrolyseur unipolaire est représenté par la figure 2 ci-dessous. Les électrodes , anode et cathode sont suspendues dans un conteneur rempli d'un électrolyte liquide à concentration de 20 – 30 %.
Chaque cellule est connectée en parallèle et utilise une tension d'alimentation de 1.9 à 2.5 volts. Ce concept permet une construction et un entretien faciles mais il n'est pas très efficace en comparaison avec les électrolyseurs modernes-

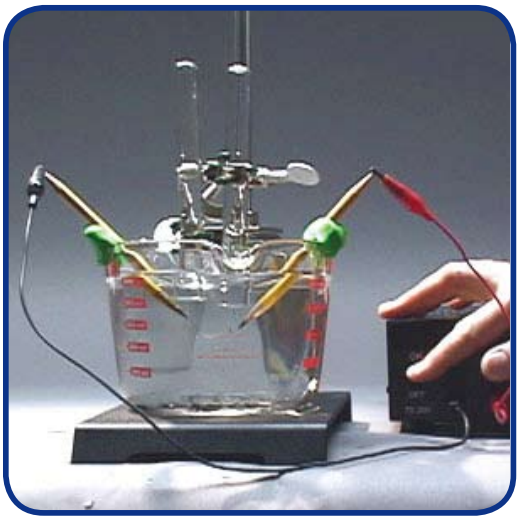


Figure 2 – Unipolar Electrolyzer

Structure bipolaire

Les électrolyseurs bipolaires comportent de nombreuses couches qui sont maintenues ensemble comme le montre la figure 3. Les cellules ou éléments sont connectés en série, ce qui produit des tensions de pile plus élevées. Ces piles peuvent être de relativement petites dimensions car chaque couche qui la constitue est très mince. Les avantages de la structure bipolaire sont l'obtention de densités de courant plus importantes, et la production d'hydrogène sous haute pression. Historiquement, une couche d'amiante était utilisée pour séparer les cellules, mais de nouveaux matériaux polymères tels que le Ryton TM ont remplacé l'amiante.

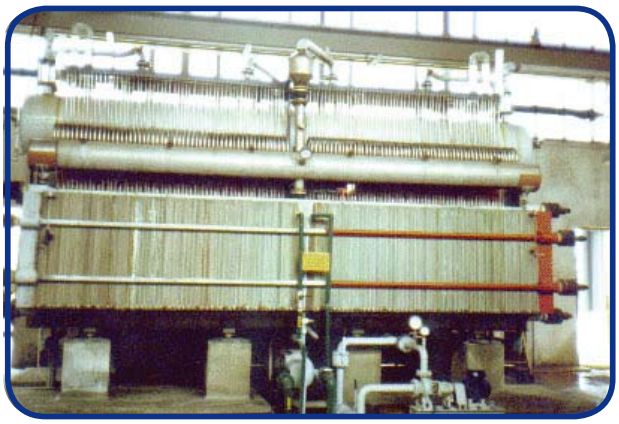


Figure 3 – Electrolyseur bipolaire

Types d'électrolyseurs

Les électrolyseurs sont répartis en deux types : les alcalins et les PEM (Polymer Electrolyte Membrane), selon le type d'électrolyte utilisé. Le type alcalin utilise un électrolyte liquide alors que le PEM utilise une membrane polymère électrolytique solide. La construction d'un électrolyseur ressemble à celle d'une batterie ou à celle d'une pile à combustible. Il est constitué par une anode, une cathode et un électrolyte. Sur l'électrode négative, les protons sont prélevés de l'électrolyte et les électrons sont apportés par le courant électrique de l'alimentation.

Pile à combustible Production d'électricité avec de l'hydrogène et de l'oxygène

Contenu de la leçon

Cette leçon montre comment une pile à combustible produit de l'électricité en combinant de l'hydrogène et de l'oxygène. Le fonctionnement d'une pile à combustible PEM est simplement l'inverse du fonctionnement d'un électrolyseur PEM, qui décompose l'eau en hydrogène et oxygène. La pile à combustible recombine l'hydrogène et l'oxygène et produit de l'électricité, un peu de chaleur et de l'eau pure.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront, puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à utiliser un électrolyseur et une pile à combustible
- Les étudiants découvriront le principe de fonctionnement d'une pile à combustible qui produit du courant continu (DC) .
- Les étudiants effectueront des calculs relatifs à l'énergie
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires sur internet.

Résultats attendus

Les étudiants constateront que l'hydrogène et l'oxygène produits lors de l'expérience intitulée « Opération d'électrolyse , Production d'hydrogène et d'oxygène à partir de l'eau », peuvent maintenant être recombinés pour produire de l'électricité sous forme de courant continu (DC) et alimenter un petit moteur électrique.

Les étudiants comprendront que :

1. Une pile à combustible se comporte comme une batterie qui délivre une tension et un courant pour alimenter une charge, aussi longtemps que de l'hydrogène et de l'oxygène sont fournis à cette pile à combustible.
2. Une pile à combustible peut utiliser d'autres substances que de l'hydrogène et de l'oxygène; par exemple du méthanol, de l'éthanol.
3. Le choix de l'électrolyte pour la construction de la pile à combustible dépend de l'utilisation à laquelle elle est destinée et du type de combustible que l'on veut utiliser.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants produisent une quantité suffisante d'hydrogène et d'oxygène à l'aide d'un électrolyseur, puis utilisent une pile à combustible pour recombiner ces gaz et produire de l'électricité. La puissance électrique obtenue sera mesurée alors que la pile à combustible alimente un petit moteur électrique tournant à vide, puis avec le même moteur couplé à un ventilateur utilisé comme charge. Les données sont recueillies durant l'expérience puis analysées plus tard.

Securité

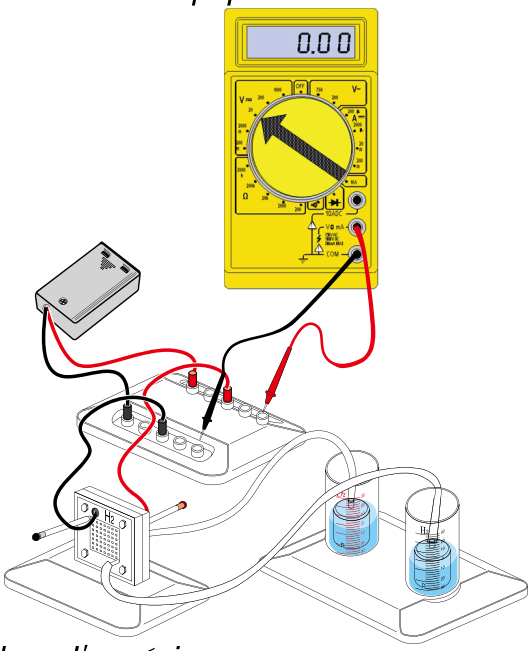
Porter continuellement des lunettes de protection afin d'éviter tout risque de blessure aux yeux

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

1- Boîtier de batteries de 3 Volts avec interrupteur
1- Appareil d'électrolyse (électrolyseur)
1- Petit moteur électrique
1- Hélice bipales
2- Câble de connexion électrique rouge
2- Câble de connexion électrique noir
1- Platine de branchements électriques
1- Socle pour pile à combustible
1- Socle pour électrolyseur

Installation de l'équipement #1



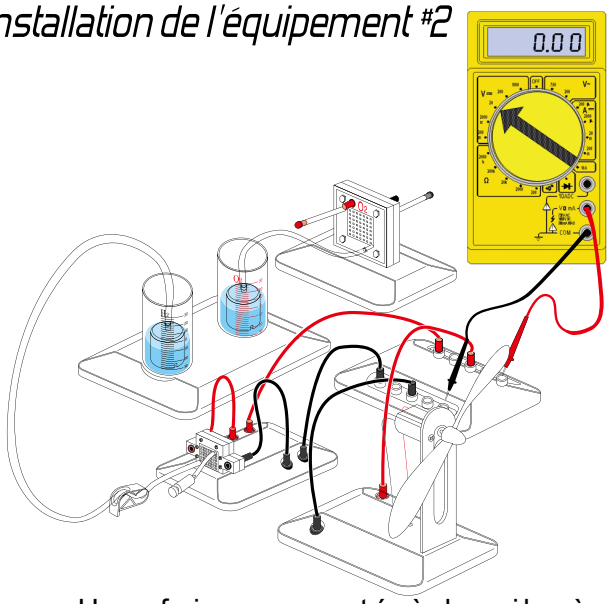
Effectuer l'expérience

1. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC, sur une échelle de 5 Volts minimum
2. Remplir les deux cylindres réservoirs d'eau distillée, jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les deux cloches de verre internes soient remplies d'eau jusqu'au sommet.

Pour l'opération d'électrolyse, injecter environ 1 ml d'eau distillée à l'intérieur de l'électrolyseur, par l'embout supérieur côté oxygène (prise rouge ou marque O2).

3. Placer l'interrupteur du boîtier de battries en position marche, « ON »
4. Placer l'interrupteur du boîtier de batteries en position arrêt « OFF » lorsque le niveau d'eau du cylindre réservoir d'hydrogène atteint la graduation 10 ml
5. Modifier l'installation de l'équipement seson « Installation de l'équipement # 2 »

Installation de l'équipement #2



6. Une fois connecté à la pile à combustible, et une fois l'arrivée d'hydrogène ouverte, le moteur électrique se met à tourner. Effectuer la mesure de la tension (V) puis de courant I (Ampères) lorsque le moteur tourne à vide (sans hélice). Pour effectuer ces mesures. Vous devrez placer le multimètre d'abord en «parallèle» pour mesurer la tension, puis l'insérer en « série » dans le circuit pour mesurer le courant en Ampères. Se référer au chapitre 1 du Manuel d'expérimentation pour plus d'informations.
7. Installer l'hélice sur l'axe du moteur, puis effectuer à nouveau les mesures de tension (Volts) puis de courant (Ampères).

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs des mesures dans le tableau ci-dessous. Ils calculent la puissance obtenue sur la base des mesures de courant et de tension. (Se référer au chapitre 1 du Manuel d'expérimentation – loi d'Ohm).
A titre d'exemple, nous avons reportés les valeurs obtenues lors de notre expérience

Nos données

	Volts	Ampères	Watts
Sans hélice	0.757	0.165	0.125
Avec hélice	0.630	0.339	0.214

Vos données

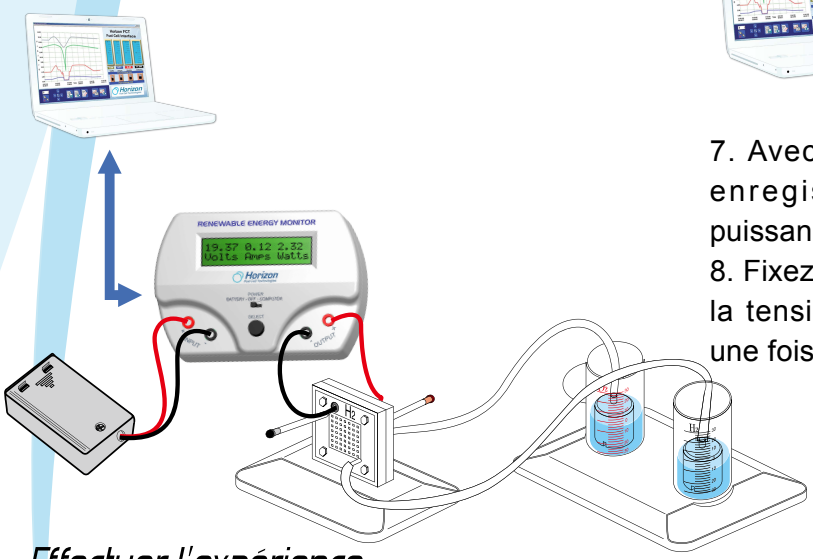
	Volts	Ampères	Watts
Sans hélice			
Avec hélice			

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

Matériel

1 – Boîtier de batterie (3 volt, avec commutateur)
1 – Appareil d'électrolyse
1 – Pile à combustible
1 – Moteur et hélice
2 – Câble électrique rouge
2 – Câble électrique noir
1 – Platine de branchement
1-- Socle pour pile à combustible
1-- Socle pour électrolyseur

Installation de l'équipement #1

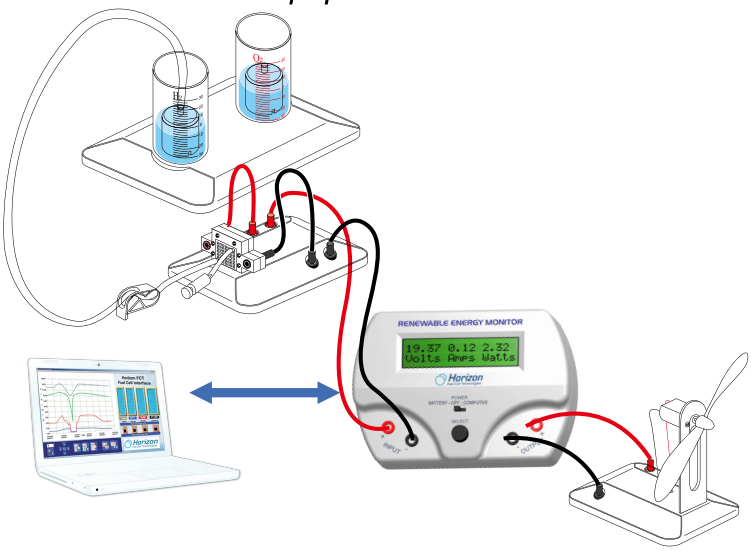


Effectuer l'expérience

1. Positionnez le commutateur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les mV-mA-mW.

3. Remplissez les réservoirs d'hydrogène et d'oxygène avec de l'eau distillée jusqu'à la graduation 0ml. Veillez à ce que les réservoirs internes soient complètement remplis d'eau.
4. Poussez le commutateur du boîtier de batterie sur ON.
5. Poussez le commutateur de la batterie sur OFF quand l'eau du réservoir d'hydrogène atteint la graduation 10ml.
6. Passez à l'installation de l'équipement #2. Faîtes bien attention à maintenir les réserves d'hydrogène et d'oxygène en suivant les instructions du Guide d'expérimentation.

Installation de l'équipement #2



7. Avec l'axe du moteur tournant librement, enregistrez la tension, le courant et la puissance.
8. Fixez l'hélice à l'axe du moteur et enregistrez la tension, le courant et la puissance encore une fois.

Traitement des données

Faîtes écrire aux étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans le tableau ci-dessous.

Nos données

	Volts	Ampères	Watts
Sans hélice	0.757	0.165	0.125
Avec hélice	0.630	0.339	0.214

Vos données

	Volts	Ampères	Watts
Sans hélice			
Avec hélice			

Analyse des résultats

Une lecture rapide des données montre que le moteur tournant librement consomme moins de puissance que le moteur muni de son hélice. Ceci est normal car l'hélice représente une charge de travail plus importante pour le moteur, puisqu'elle propulse de l'air.

Si vous avez utilisé **le Moniteur d'Energie Renouvelable** et son logiciel pour effectuer l'expérience, un graphique tel que celui présenté ci-dessous a été obtenu. La figure 1 montre les paramètres du moteur tournant librement.

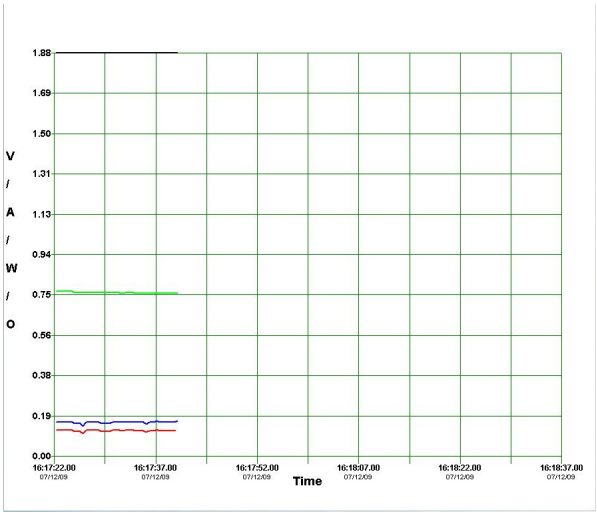


Figure 1 – Le moteur tourne librement (sans hélice)

La figure 2 montre les paramètres du moteur muni de l'hélice. Noter le grand creux en tension et la pointe de courant lorsque l'hélice a été installée.

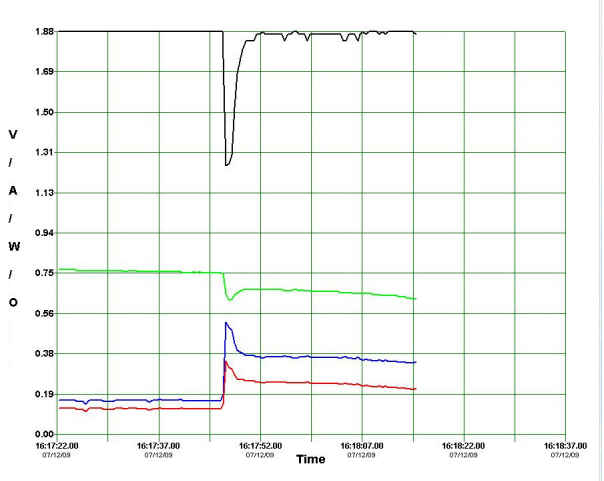


Figure 2 – Le moteur avec hélice

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes :

1. Si vous étiez un astronaute et que vous vous apprêtiez à partir dans l'espace pour une semaine ou plus, combien d'eau devriez-vous emmener pour boire ? Souvenez vous que vous venez de faire une expérience avec une pile à combustible, et de la capacité de ces dispositifs à produire de l'eau et de l'électricité...
2. Quel type de pile à combustible choisiriez-vous pour alimenter votre voiture électrique ?

Les informations contenues dans les prochains paragraphes peuvent vous aider à répondre à ces questions.

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent les paragraphes suivants pour répondre aux questions ci-dessus, et pour se préparer à effectuer des recherches complémentaires.

Page 75 – Types de piles à combustible

Page 79 – Comment fonctionnent les piles à combustible ?

Liens internet

Pour en savoir plus concernant les différents types de piles à combustible :

http://library.thinkquest.org/04apr/00215_energy/fuel_cells.htm

http://americanhistory.si.edu/fuelcells/basics.htm

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur les thèmes suivants – différents types de piles à combustible

Extraits du « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables »

« De nombreux types de piles à combustible font actuellement l'objet de recherches. Les siy types de piles à combustible les plus courants sont différenciés sur la base des électrolytes et des combustibles utilisés. La température de fonctionnement et le facteur d'encombrement sont également des facteurs importants lorsque l'on choisit un type de pile à combustible pour une certaine utilisation. Les principaux types de piles à combustible sont :

- La pile à combustible à membrane polymère électrolytique (Polymer Electrolyte Membrane -PEM)
- La pile à combustible alcaline (AFC)
- La pile à combustible à acide phosphorique (PAFC)
- La pile à combustible à oxyde solide (SOFC)
- La pile à combustible à carbonate fondu (MCFC)
- La pile à combustible directe à méthanol (DMFC)

La pile à combustible à membrane polymère électrolytique (PEM)

La pile à combustible à membrane polymère électrolytique ou membrane à échange de protons, permet d'obtenir une haute densité de courant tout en offrant une solution de faible poids, de faible encombrement et économique. Une pile à combustible PEM est constituée d'une électrode chargée négativement, (anode), une électrode chargée positivement (cathode), et d'une membrane électrolytique, comme le montre la figure 3.

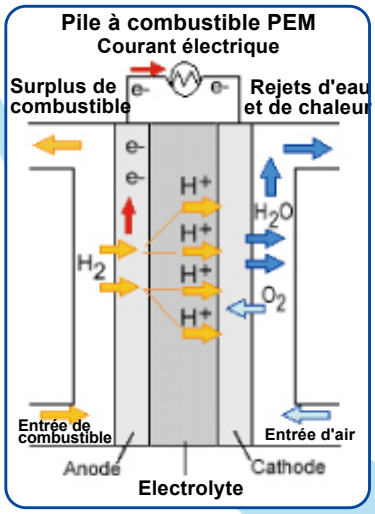


Figure 3 – Une pile à combustible PEM

La pile à combustible alcaline (AFC)

La pile à combustible alcaline (AFC) a été utilisée par la NASA pour les missions spatiales et elle peut atteindre des rendements de 70 %. Sa température de fonctionnement varie de 150 degrés C à 200 degrés C. Ceci présente un avantage car la réaction sur la cathode est rapide sur cette pile, ce qui améliore le rendement. Plusieurs sociétés recherchent le moyen de réduire le coût de ce type de pile et d'en améliorer la facilité d'utilisation. Les puissances fournies par les piles à combustible alcalines s'échelonnent entre 300 watts et 5 Kilowatts. Une illustration de la pile à combustible alcaline est montrée par la figure 4.

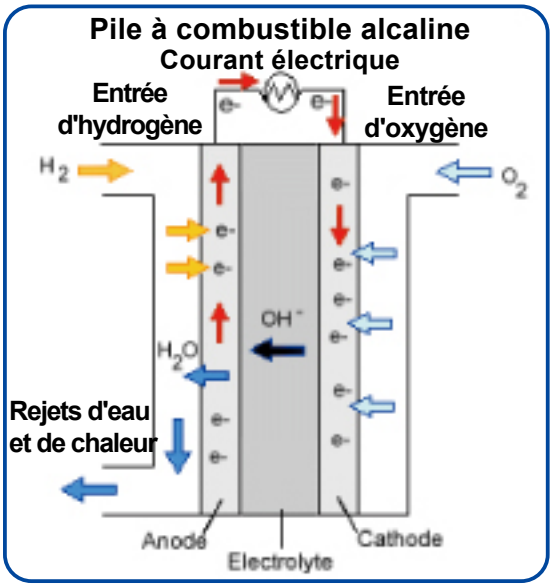
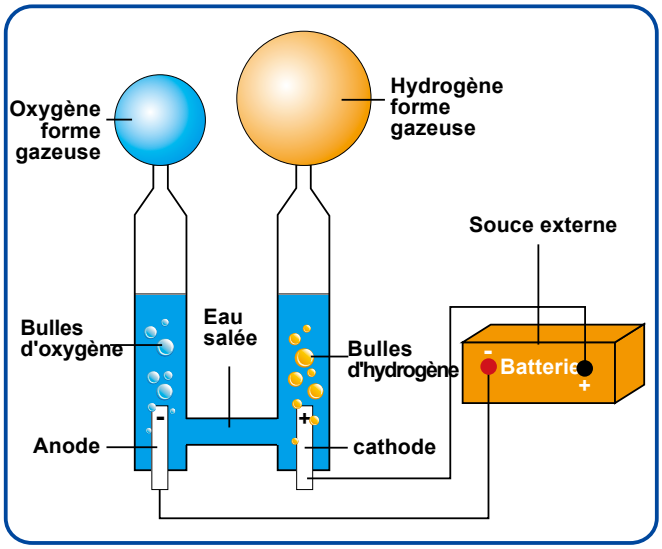


Figure 4 – Une pile à combustible alcaline.

Cet extrait couvre deux des six types courants de piles à combustible. Vous pouvez poursuivre vos recherches concernant les six types. Internet ainsi que le « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables » peuvent alimenter vos recherches.

Détermination de la tension minimum permettant la décomposition de l'eau en hydrogène et en oxygène



Contenu de la leçon

Cette leçon permet de découvrir la tension minimum requise pour effectuer la décomposition de l'eau en hydrogène et en oxygène. Cette tension est appelée « tension de décomposition » et elle se situe plus haut que la tension théorique qui est de 1.23 Volts. Les raisons de cet écart sont expliquées.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants utiliseront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiant recueilleront puis analyseront les données
- Les étudiants se familiariseront avec l'utilisation d'une pile à combustible PEM réversible en mode électrolyseur
- Les étudiants effectueront des recherches complémentaires concernant ce sujet sur internet

Résultats attendus

Les étudiants découvrent que l'eau pure nécessite une tension minimum pour se décomposer en hydrogène et en oxygène. Cette tension dont la valeur théorique est de 1.23 Volts (DC); toutefois la tension requise est un peu plus élevée à cause de facteurs qui seront expliqués dans cette leçon.

1. Le processus d'électrolyse peut s'effectuer avec des tensions électriques qui peuvent facilement être obtenues à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques, ou d'éoliennes -deux dispositifs non polluants- permettant de produire de l'hydrogène.
2. L'hydrogène produit par électrolyse peut être stocké et utilisé comme combustible pour des applications mobiles, dans des voitures électriques, des motocyclettes, des bateaux , alimentés par des piles à combustible.
3. L'oxygène produit par l'électrolyse peut soit être dispersé dans l'air soit être stocké sous forme de gaz comprimé pour des applications médicales, industrielles ou comme réactant dans une pile à combustible.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants utilisent un panneau solaire photovoltaïque connecté à un électrolyseur pour déterminer la tension permettant la décomposition de l'eau. Ils ajustent l'inclinaison du panneau solaire envers la source de lumière jusqu'à ce que l'électrolyseur commence à produire de l'hydrogène et de l'oxygène. Des mesures sont effectuées pour une analyse ultérieure, afin de déterminer la raison de l'écart entre la tension de décomposition théorique de l'eau et la tension mesurée.

Securité

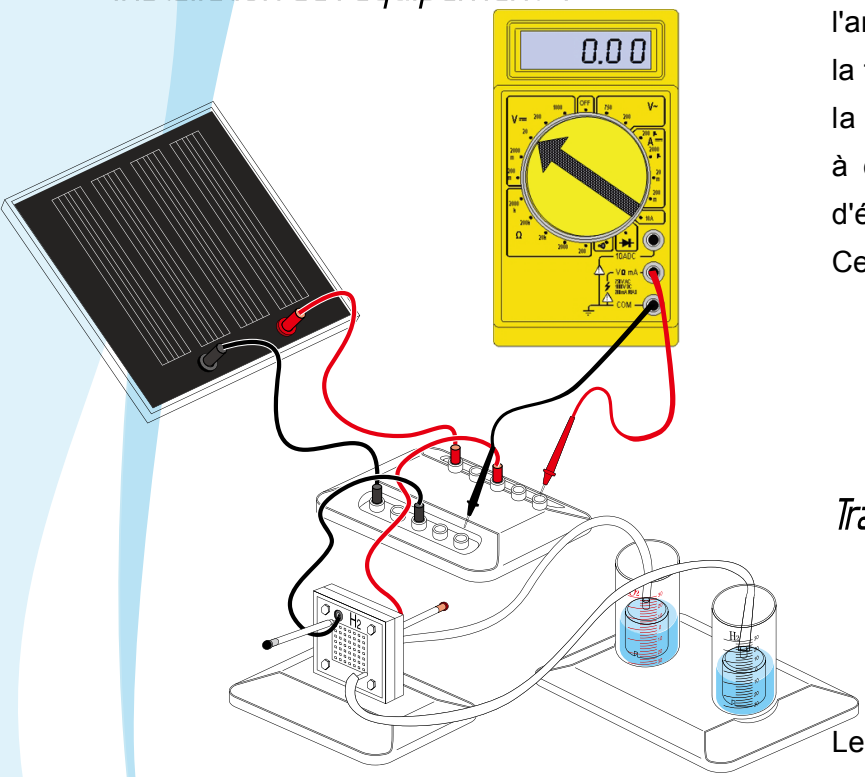
Porter constamment des lunettes de protection afin de prévenir toute blessure aux yeux

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

1- Panneau solaire photovoltaïque
1- Lampe de bureau
1- Appareil d'électrolyse
2- Câbles de connexion rouges
2-Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques

Installation de l'équipement #1



Effectuer l'expérience

1. Placer le panneau solaire face vers le bas afin de ne produire aucun courant
2. Placer le commutateur du multimètre en position Ampères (DC) su une échelle de 10 milliampères minimum. Nous mesurerons le courant avant de mesurer la tension.
3. Remplie les deux cylindres réservoirs d'eau distillée, jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les cloches de verre internes sont bien remplies d'eau jusqu'au sommet
4. Retourner lentement le panneau solaire pour l'exposer à la lumière.
5. Lorsque le multimètre commence à mesurer un courant de quelques milliampères, noter ce courant.
6. Maintenir le panneau solaire sous le même angle et commuter le multimètre pour mesurer la tension. Cette mesure vous indiquera la « tension de décomposition de l'eau ».
7. Noter cette tension mesurée sous l'angle selon lequel le panneau solaire PV commençait à faire circuler un courant. Si l'angle est modifié, le courant disparaîtra, ou la tension augmentera rapidement. C'est bien la tension à laquelle le courant commence à circuler, donc à laquelle le processus d'électrolyse commence, qui nous intéresse. Ceci est important.

Traitement des données

Les étudiants reportent la valeur de tension et de courant dans le tableau ci-dessous. Ils calculent ensuite la puissance en fonction des valeurs de tension et de courant. Se référer au chapitre 1 de ce manuel, loi d'Ohm).
A titre d'exemple, nous avons trouvé les valeurs suivantes.

Nos données

	Volts	Ampères	Watts
	1.470	0.024	0.035

Vos données

	Volts	Ampères	Watts

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesure et son logiciel

Equipement

1- Panneau solaire photovoltaïque
1- Lampe de bureau
1- Appareil d'électrolyse
2- Câbles de connexion rouges
2-Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques

Installation de l'équipement #1

Effectuer l'expérience

1. Positionnez le commutateur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les mV-mA-mW.

3. Placer le panneau solaire face vers le bas afin de ne produire aucun courant
4. Remplir les deux cylindres réservoirs d'eau distillée, jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les cloches de verre internes sont bien remplies d'eau jusqu'au sommet.
5. Incliner légèrement le panneau solaire vers la lumière.
6. Lorsque l'écran de l'ordinateur commence à indiquer une valeur de courant au dessus de quelques milliampères, enregistrer les valeurs de tension, de courant, de puissance.

Traitement des données

Cliquer sur l'icône « screen view » et consultez les images saisies durant l'expérience. Les étudiants reportent ensuite les valeurs des mesures dans le tableau ci-dessous.

Nos données

	Volts	Ampères	Watts
	1470	24	35

Vos données

	Volts	Ampères	Watts

Analyse des résultats

Si vous avez utilisé **le Moniteur d'Energie Renouvelable** et son logiciel pour effectuer l'expérience, un graphique similaire à celui de la Figure 1 a été obtenu. Il montre l'augmentation de la tension lorsque le panneau solaire est progressivement orienté vers la source de lumière. Ensuite, il monte rapidement pour atteindre un niveau d'environ 1.5 Volts, qui est la « tension de décomposition de l'eau », et qui correspond exactement à l'instant où le courant commence à circuler. C'est à dire à l'instant ou le processus d'électrolyse commence. Si l'on continue d'orienter le panneau vers un angle plus favorable par rapport à la source de lumière, la tension continuera d'augmenter; mais c'est bien la tension correspondant à l'apparition du courant qui nous intéresse ici.

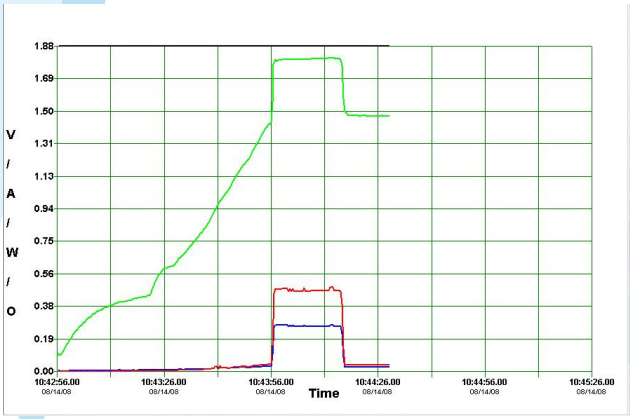


Figure 1 – Tension de décomposition de l'eau

Histoire

La décomposition de l'eau en hydrogène et en oxygène en faisant circuler un courant électrique dan ce liquide, a été réalisée en premier par Nicholson et carlisle en 1800. L'eau fut la première substance à être « électrolisée », en utilisant la batterie qui venait d'être inventée par Volta pour produire du courant électrique.

Chimie

L'équation décrivant la demi réaction qui se passe sur la cathode dans l'électrolyse de l'eau est :
4 H3O+ + 4 e- --> 2 H2 + 4 H2O , réduction
L'équation décrivant la demi réaction qui se passe sur l'anode dans l'électrolyse de l'eau est :
6 H2O --> O2 + 4 H3O+ + 4 e- oxydation
L'équation de la réaction complète est la somme des deux demi réactions :
2 H2O (liquide) --> 2 H2 (gaz) + O2 (gaz)
DG°rxn = + 474.4 kJ
L'électrolyse de l'eau exige de l'énergie pour défaire les liaisons oxygène-hydrogène. Cette réaction est produite par la tension électrique à travers les électrodes. La décomposition électro-chimique de l'eau ne peut pas se produire tant que la tension n'est pas assez élevée pour vaincre la force de cohésion des liaisons hydrogène-oxygène.

Electricité

La tension minimum nécessaire pour décomposer notre échantillon d'eau à une température de 25 degrés C est de 1.23 Volts. (DC). La différence entre cette valeur théorique et la valeur que nous avons mesurée est appelée « surpotentiel » Ce surpotentiel varie en fonction de l'incapacité de l'électrolyseur d'expulser les gaz hydtogène et oxygène qui se forment sur ses électrodes en dessous d'une certaine tension. Dans le cas de notre électrolyseur, cette tension est de environ 1.5 Volts au lieu de 1.23 Volts. Bien d'autres facteurs déterminent cet écart de tension. Cependant, les phénomènes concernés vont au-delà des objectifs de cette leçon. Les liens internet suivants vous donneront un complément d'information :
http://en.wikipedia.org/wiki/electrolysis_of_water

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes :
1. Qe se passerait il si dans votre famille, vous vouliez remplacer le pétrole par l'hydrogène comme source d'énergie ?
Ceci a déjà été réalisé, mais il existe plusieurs manières de le faire. Un des problèmes que vous aurez à résoudre est le stockage de l'hydrogène. Conserverez-vous l'hydrogène sous forme de gaz ? De liquide ? Chacune des solutions présent des avantages et des inconvénients. L'information contenue dans les prochains paragraphes vous aideront à répondre à ces questions.

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent l'information contenue dans les pages suivantes du manuel d'enseignement des énergies renouvelables afin de pouvoir répondre aux questions, et pour se préparer à effectuer des recherches complémentaires.

Page 72- Piles à combustible pour les automobiles
Page 91 – Réservoirs d'hydrogène pressurisés
Page 96 – Stations d'approvisionnement en hydrogène dans le monde.

Liens internet

Pour en savoir plus concernant les piles à combustible dans les véhicules, voir ce lien :
Automobile :
http://www.horizonfuelcell.com/automotive.htm
Avion :
http://www.horizonfuelcell.com/aerospace.htm
Motocycles :
http://www.autobloggreen.com/2009/03/03/james-may-rides-the-env-fuel-cell-motorcycle/
Bateaux :
http://www.powerandmotoryacht.com/boattests/0104duffy/index.aspx

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur le thème suivant :
automobile + pile à combustible
Fuel cell powered automobiles

Extrait du « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables »
« La plupart des constructeurs d'automobiles ont développé des voitures à pile à combustible dans les dix dernières années. Ils ont produit au moins un prototype de voiture à pile à combustible. Les raisons principales pour développer de telles voitures est leur rendement élevé, le fait qu'elles n'émettent aucune pollution « zéro émission », et la possibilité de produire le carburant localement plutôt que de l'importer. Les voitures munies de pile à combustible possèdent une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

1. La pile à combustible produit l'énergie pour alimenter tous les éléments de la voiture.
2. Une batterie peut être ajoutée éventuellement pour le démarrage
3. Une pile à combustible produit normalement une puissance constante, ainsi, pour fournir un supplément de puissance lors des accélérations, des dispositifs additionnels sont utilisés, tels que batteries ou super capacités, etc.
4. Quelquefois, la pile à combustible peu être utilisée comme source d'énergie secondaire. Un ensemble de batteries alimentent alors les moteurs électriques, et la pile à combustible sert à recharger les batteries conventionnelles lorsque la recharge est nécessaire.
5. La pile à combustible peut alimenter certains ou tous les circuits électriques de la voiture.

La température de fonctionnement d'une pile à combustible installée dans une voiture est de 60 à 80 degrés C. Une température de fonctionnement de 100 degrés ou plus améliorerait le transfert de chaleur Hypothèsesmplifierait le refroidissement de la pile. Cependant, la plupart des automobiles utilisent des piles à combustible (PEM – piles à membrane polymère électrolytique), ou des piles (DMFC -piles directes à méthanol), dont la température de fonctionnement est limitée à 100 degrés C afin de faciliter le traitement de l'eau à l'intérieur de la pile.

Réservoir d'hydrogène -Pile à combustible – Batterie – Unité de contrôle du moteur – Moteur électrique

La conception d'une pile à combustible destinée à propulser un véhicule implique la considération de nombreux paramètres. Parmi eux, la puissance requise, comme pour toute source d'énergie, le poids et les dimensions de la pile à combustible, le ou les moteurs électriques, l'électronique de puissance, le type de réservoir, de système de remplissage, et l'autonomie que l'on veut obtenir. La pile à combustible ouvre la voie à de toutes nouvelles façons de concevoir une automobile.

L'une de ces voiture est le prototype créé par General Motors, la voiture appelée « Sequal » dont le châssis ressemble à une planche à roulettes. (Figure 3). Les options quant au choix d'approvisionnement en hydrogène vont de la production à bord de la voiture à partir de carburants traditionnels, une réservoir d'hydrogène, avec une station de remplissage au domicile ou dans des stations le long de la route. Le Département de l'Energie (USA), a décidé de ne développer que le système comportant un réservoir d'hydrogène à bord de la voiture. Les stations d'approvisionnement en hydrogène pourraient produire l'hydrogène par reformage d'hydrocarbures ou par électrolyse de l'eau.

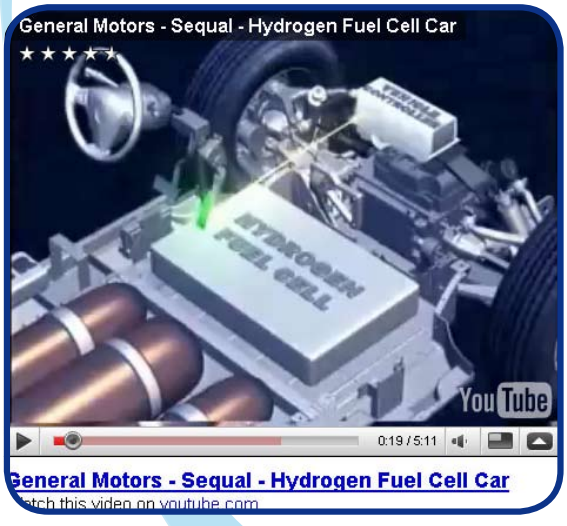


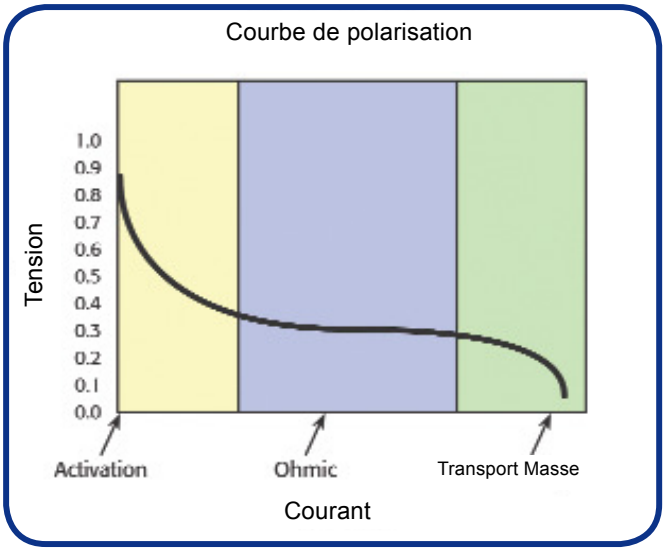
Figure 3 – La voiture Sequal de GM

Un autre modèle de voiture à pile à combustible a été développé par la Société Anglaise Riversimple. Figure 4) . Cette petite voiture citadine est équipée d'une pile à combustible de 6 Kilowatts produite par Horizon Fuel Cell Technologies. Cette voiture optimise le rendement énergétique en utilisant des matériaux composites légers pour sa construction, tout en éliminant les éléments mécaniques lourds et en couplant la pile à combustible à un réseau de super-capacités, et en récupérant 60% de l'énergie cinétique lors des freinages. Le résultat est extraordinaire, la voiture peut parcourir 390 Km à l'aide d'un réservoir d'hydrogène contenant 1 kilogramme d'hydrogène.

Figure 4 – Voiture électrique dont la pile à combustible est produite par Horizonfuelcell

Une nouvelle génération de piles à combustible développées par Horizon Fuel Cell Technologies a permis la construction de la première voiture à hydrogène écomomique. Cette voiture développée au Royaume Uni, dévoilée à Londres, est une petite voiture à deux places, à moteur électrique et pile à combustible à hydrogène, une voiture zéro émission de carbone. Sa consommation équivaut à environ 250 miles par gallon (US), soit 0.94 litres / 100 Km, ce qui représente une consommation 4 fois inférieure à celles des véhicules hybrides actuels. Il est prévu de mettre cette voiture en loACtion auprès des clients, pour un montant de 315 $ par mois.

Etats de polarisation des piles à combustible à hydrogène



Contenu de la leçon

Cette leçon étudie les trois états fondamentaux d'une pile à combustible qui produit une tension, un courant donc de la puissance vers une charge. Ces états sont appelés Activation, Ohmique, Transfert des masses. Ce sont les états de polarisation et ils sont montrés ci-dessus par un graphique qui présente la tension en fonction du courant, dans différentes conditions de température, d'humidité, de charge appliquée, et du débit de combustible et d'oxydant.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront puis analyseront les données
- Les étudiants se familiariseront avec l'utilisation d'une pile à combustible PEM réversible, en mode pile à combustible
- Les étudiants étudieront la manière dont chaque état de polarisation affecte la capacité de la pile à combustible à produire de la puissance
- Les étudiants effectueront quelques recherches complémentaires sur internet

Résultats attendus

Les étudiants découvriront les trois états de polarisation de la pile à combustible à hydrogène alors qu'elle délivre de la tension et du courant vers une charge.

Les étudiants constateront que :

1. Le comportement d'une pile à combustible ressemble à celui d'une batterie moderne. Lors de la mise en service, elle commence par délivrer pour un court instant, une tension élevée, et un courant faible, puis rapidement passe à un état stable aussi longtemps qu'elle est alimentée en hydrogène. Cet état stable est suivi d'un rapide déclin du courant et de puissance, dès que la réserve d'hydrogène est épuisée.
2. Contrairement aux batteries conventionnelles qui contiennent leur combustible à l'intérieur, sous la forme d'une certaine quantité d'électrolyte, les piles à combustible fonctionnent aussi longtemps que le circuit externe leur délivre de l' hydrogène .
3. Les appareils portables tels que laptops, téléphones cellulaires, alimentés par des piles à combustible doivent prendre en compte ces différents états de polarisation afin de fonctionner correctement.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants produisent une quantité suffisante d'hydrogène , en utilisant une pile à combustible réversible puis ils consomment l'hydrogène produit en appliquant des charges variables pour expérimenter chacun des trois états de polarisation de la pile à combustible. Des mesures sont effectuées en cours d'expérience pour une analyse ultérieure.

Securité

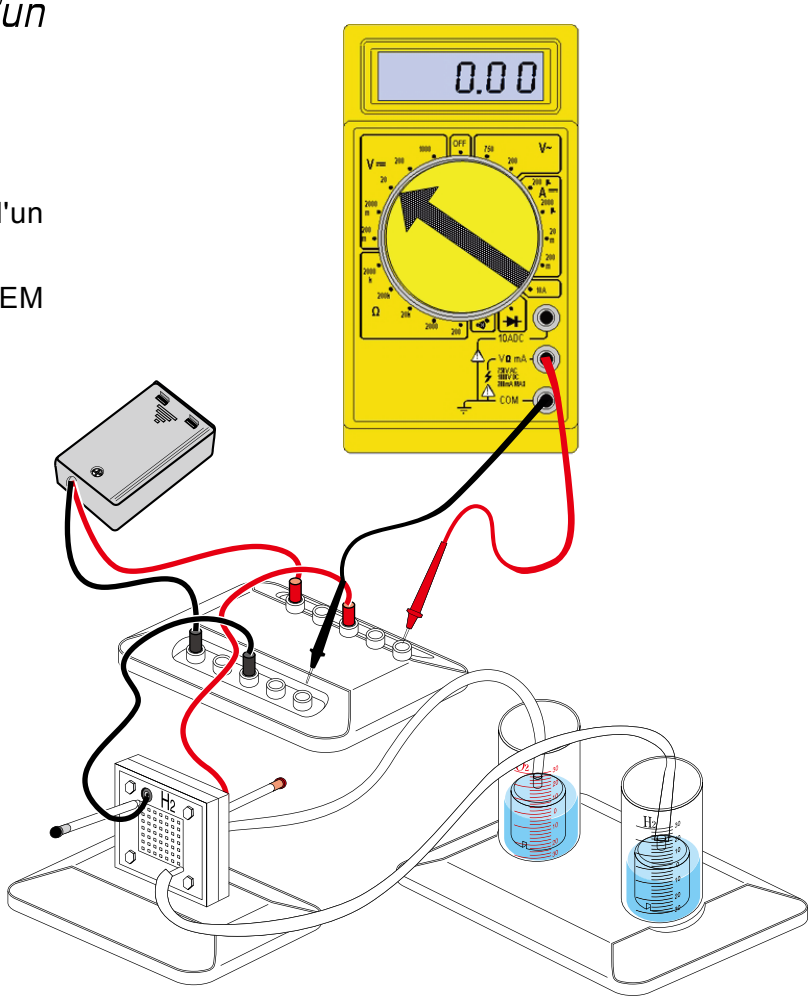
Porter constamment des lunettes de sécurité afin de prévenir toute blessure aux yeux.

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

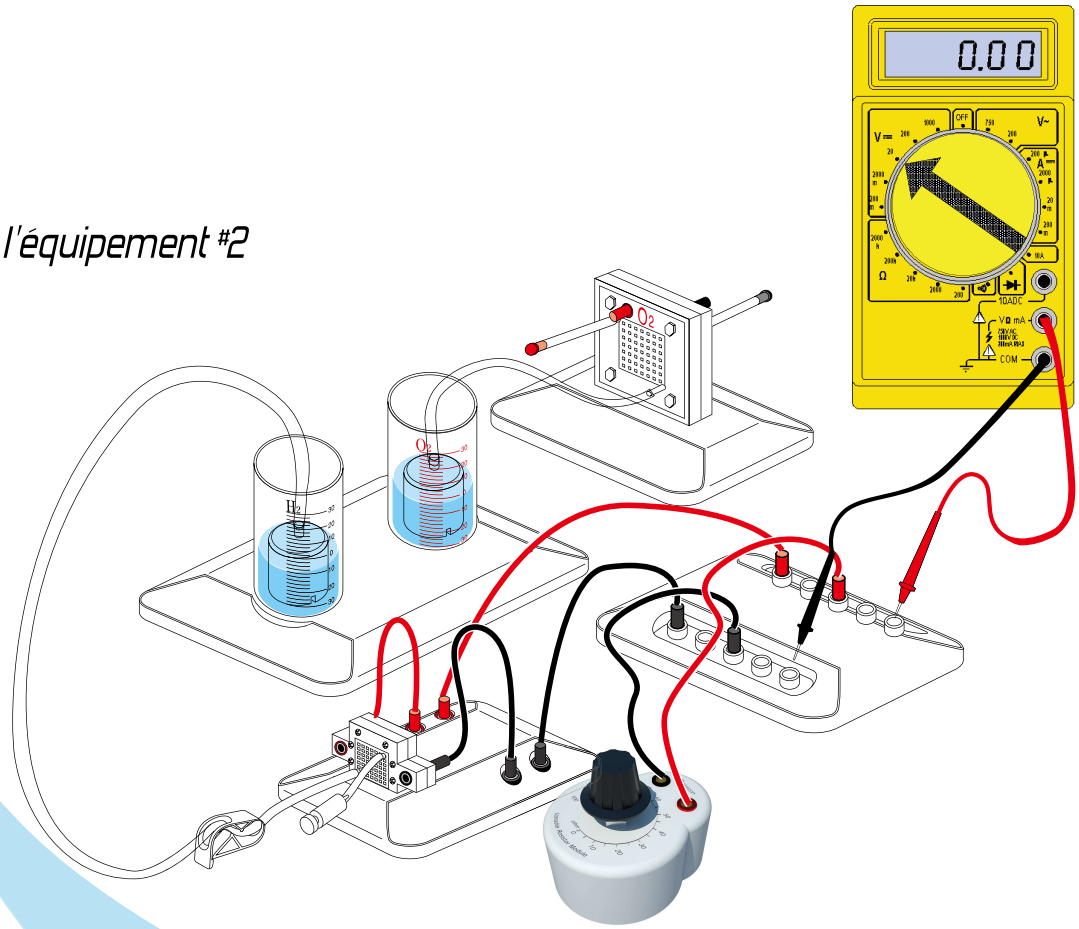
Equipement

1- Boîtier de batteries de 3 volts muni d'un interrupteur
1- Electrolyseur ou pile à combustible PEM réveersible
1- Moteur électrique avec hélice
1- Potentiomètre de 100 ohms
2- Câbles de connexion rouges
2 Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques
1- Socle pour pile à combustible
1- Socle pour électrolyseur

Installation de l'équipement #1



Installation de l'équipement #2



Effectuer l'expérience

1. Placer le commutateur du multimètre en position Volts (DC) sur une échelle de 5 Volts minimum
2. Remplir les deux cylindres réservoirs d'eau distillée jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les deux cloches de verre internes sont pleines de liquide jusqu'au sommet.

Injecter environ 1 ml d'eau distillée dans l'électrolyseur, du côté oxygène (prise rouge O2)

3. Placer l'interrupteur du boîtier de batteries en position marche « ON »
4. Lorsque le niveau d'eau dans le réservoir d'hydrogène atteint la graduation 10 ml, placer l'interrupteur du boîtier de batteries sur arrêt « OFF »
5. Modifier l'installation de l'équipement conformément à Installation de l'équipement # 2.

Veuillez vous assurer de ne pas perdre d'hydrogène ou d'oxygène. Veuillez vous référrer au Manuel d'Experimentation pour les détails. Ne pas placer le potentiomètre dans le circuit.

Installation de l'équipement # 2

6. Mesurer la tension de la pile à combustible sans aucune charge. En l'absence de charge, le courant sera Zéro , il n'est pas utile de le mesurer. Cette mesure correspond à la Partie supérieure gauche de la courbe de polarisation.
7. Connecter le potentiomètre réglé à 100 omhs aux bornes de la pile à combustible. Observer la diminution de la tension. La pile à combustible passe du mode d'activation vers le mode Ohmique. Mesurer et noter la tension (V) et le courant (Ampères).
8. Attendre environ une (1) minute et et régler la résistance à 50 omhs. Observer la diminution de tension et l'augmentation de courant. Mesurer et noter les valeurs de tension (V) et de courant (Ampères).
9. Attendre environ deux (2) minutes et observer que la tension et le courant sont presque stables. Ceci représente l'avantage de la région ohmique, car la puissance fournie à la charge reste constante.
10. Préparer le multimètre pour effectuer une mesure de courant lors de la prochaine étape.
11. Régler la résistance à 10 ohms afin de faire passer la tension de la région Ohmique vers la région de Transfert de Masses. Cette transition peut prendre de quelques secondes à quelques minutes pour se produire, selon votre réserve d'hydrogène.
12. Lorsque le courant commence à diminuer, enregistrer sa valeur, puis passer à la mesure de tension et noter la valeur obtenue. Ces mesures doivent être proches dans le temps, alors préparez-vous à passer rapidement d'une mesure de courant vers une mesure de tension.

Traitement des données

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs des mesures dans le tableau ci-dessous. Ils calculent les puissances correspondant aux différentes valeurs de tension et de courant. Se référer au chapitre 1 du Manuel d'expérimentation - loi d'Ohm pour plus d'information). Nous mentionnons à titre d'exemple les valeurs que nous avons mesurées lors de notre expérience.

Nos données

	Volts	Ampères	Watts
Etape 6	1.420	0	0
Etape 7	0.825	0.014	0.012
Etape 8	0.793	0.023	0.018
Etape 12	0.702	0.019	0.013

Vos données

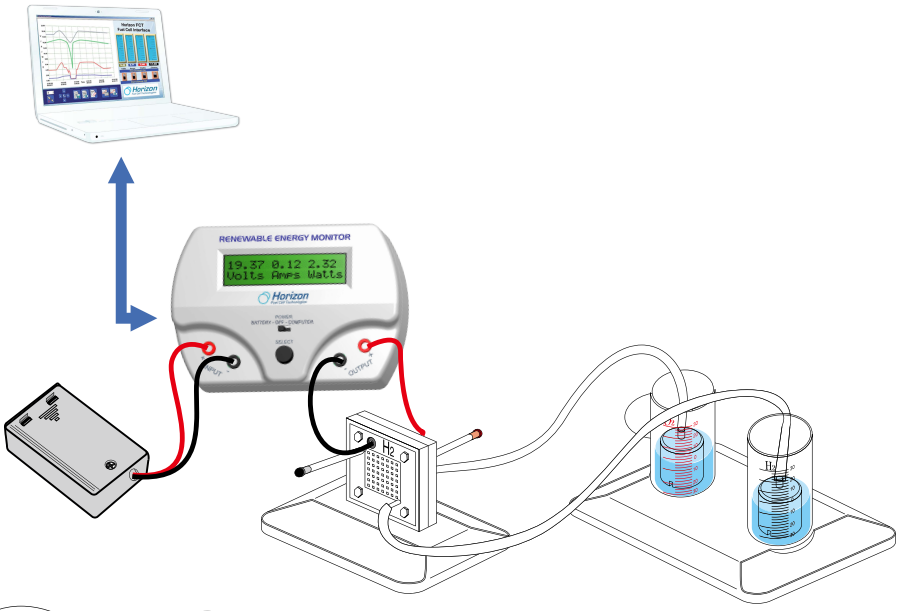
	Volts	Ampères	Watts
Etape 6			
Etape 7			
Etape 8			
Etape 12			

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesures et de son logiciel

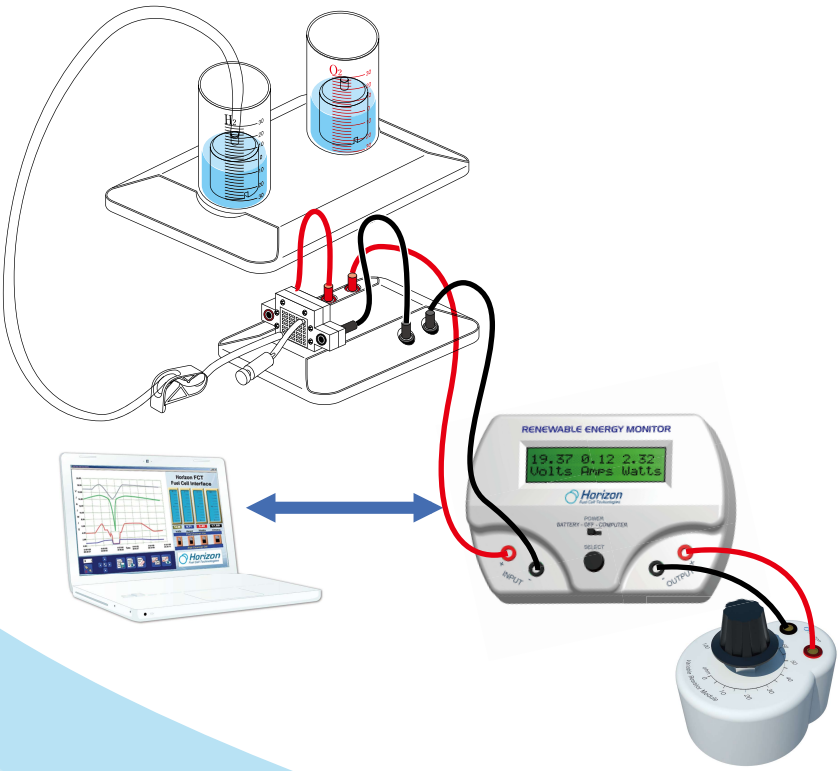
Equipement

1- Boîtier de batteries de 3 volts muni d'un interrupteur
1- Electrolyseur ou pile à combustible PEM réveersible
1- Moteur électrique avec hélice
1- Potentiomètre de 100 ohms
2- Câbles de connexion rouges
2- Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques
1- Socle pour pile à combustible
1- Socle pour électrolyseur

Installation de l'équipement #1



Installation de l'équipement #2



Effectuer l'expérience

1. Positionnez le commutateur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce qu'apparaisse les mV-mA-mW

3. Remplissez les réservoirs d'hydrogène et d'oxygène avec de l'eau distillée jusqu'à la graduation 0ml. Veillez à ce que les réservoirs internes soient complètement remplis d'eau.
4. Poussez le commutateur du boîtier de batterie sur ON.
5. Poussez le commutateur de la batterie sur OFF quand l'eau du réservoir d'hydrogène atteint la graduation 10ml.
6. Passez à l'installation de l'équipement #2. Faîtes bien attention à maintenir les réserves d'hydrogène et d'oxygène en suivant les instructions du **Guide d'expérimentation**. Ne branchez pas le potentiomètre au circuit maintenant.

Installation de l'équipement #2

7. Avec seulement la pile à combustible et sans aucune charge de résistance, enregistrez la tension, le courant et la puissance. Parce qu'il n'y a aucune charge, le courant sera de zéro. Ceci définira la partie extrême-gauche de la Courbe de Polarisation.
8. Branchez le potentiomètre réglé sur 100 ohms sur le terminal de la pile à combustible. Notez que la tension baisse. La pile à combustible transite de l'Activation à la région Ohmique. A ce stade, enregistrez la tension, le courant et la puissance.
9. Attendez encore une (1) minute puis réglez la résistance sur 50 ohms. Notez encore une baisse dans la tension et une hausse dans le courant. A ce stade, enregistrez la tension, le courant et la puissance.
10. Laissez passer environ deux (2) minutes et notez que la tension et le courant restent environ au même niveau. Ceci est l'avantage de la région Ohmique puisque la puissance à la charge reste stable.
11. Réglez la résistance sur 10 ohms afin d'accélérer la transition à partir de la région Ohmique vers la région du Transport de Masse. Ceci peut prendre de quelques secondes à quelques minutes dépendant des réserves en hydrogène de votre pile à combustible.
12. Quand le courant commence à décroître, enregistrez la tension, le courant et la puissance.

Traitement des données

Faîtes noter à vos étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans le tableau ci-dessous.

Nos données

	Volts	Ampères	Watts
Etape 6	1420	0	0
Etape 7	825	14	12
Etape 8	793	23	18
Etape 12	702	19	13

Vos données

	Volts	Ampères	Watts
Etape 6			
Etape 7			
Etape 8			
Etape 12			

Analyse des résultats

Comme déjà mentionné, les états de polarisation de la pile à combustible constatés ressemblent au comportement d'une batterie rechargeable moderne. Les anciennes batteries au plomb et acide, commençaient par délivrer le maximum de tension et de courant, puis diminuaient progressivement alors que le circuit demandait de la puissance. Ceci était évident avec les lampes de poche dont la clarté diminuait progressivement, jusqu'à l'extinction. Ceci se produisait comme si quelqu'un tournait progressivement un bouton pour réduire la lumière.

Les lampes de poches munies de batteries modernes, comme les piles alcalines, ou les batteries rechargeables ACdmium-nickel, ou nickel métal hydride (NiMH), commencent par briller intensément puis restent brillantes tout au long de la vie exploitable de la batterie. C'est à la fin de leur durée de vie que la lumière décroit très rapidement.

Les piles à combustible ressemblent aux batteries modernes dans ce domaine. Cette expérience a démontré que la tension et le courant commencent par de hautes valeurs, (Activation), puis se stabilisent rapidement vers une valeur constante (région Ohmique). Ce n'est que lorsque le flux d'alimentation en hydrogène diminue, que la puissance produite tend rapidement vers zéro.(Région de transfert de masse).

Si vous avez utilisé l'accessoire de mesures et son logiciel pour effectuer l'expérience, vous avez probablement obtenu un graphique identique à celui de la figure 1. On y constate la chute de tension lors du branchement de la première résistance.

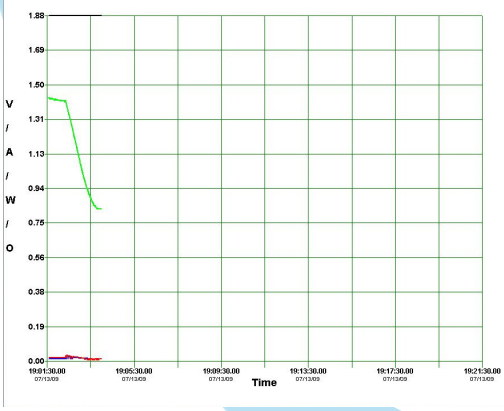


Figure 1 - Graphique de la régilon d'Activation

La figure 2 montre le graphique correspondant à la région Ohmique, lorsque deux résistances de 100 Ohms sont mises en parallèle pour constituer la charge. Observez la constance de valeur de tension et de courant dans cet état, tant que suffisamment d'hydrogène alimente la pile à combustible.

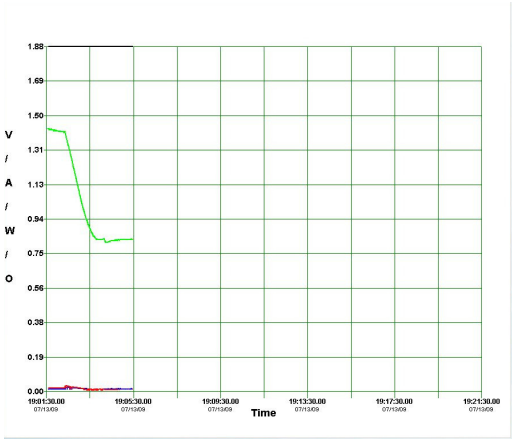


Figure 2 – Début de la région ohmique

La figure 3 montre le graphique correspondant la longue Partie stable de la région Ohmique, pui la rapide chute de tension qui survient avec le manque d'hydrogène et le passage à la région de transfert de masses.

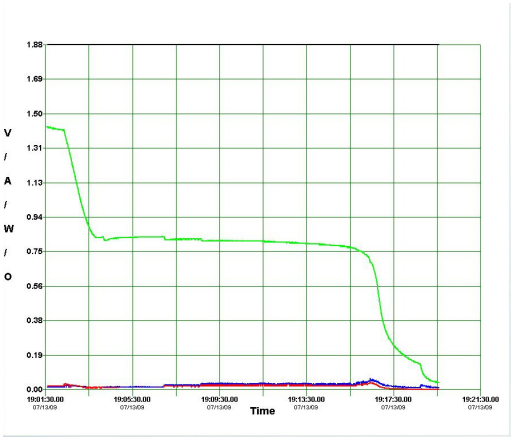


Figure 3 – Graphique montrant la région de transfert de masse.

La similarité entre la courbe ci-dessus et la courbe stylisée du titre de chapitre est frappante. Si vous effectuez ces expériences avec soin, vous obtiendrez des résultats similaires.

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes :
Si vous deviez recharger votre téléphone portable et que vous ne désiriez pas utiliser votre chargeur qui se branche sur le réseau électrique, ni votre chargeur pour voiture, serait -il possible de recharger votre batterie de téléphone à partir d'hydrogène ? Dans l'affirmative, à quoi ressemblerait un tel dispositif ? Où trouveriez-vous l'hydrogène pour l'alimenter ? Souvenez vous que vous pouvez produire de l'hydrogène à partir d'eau et de soleil.
L'information contenue dans les prochains paragraphes vous aidera à répondre.

Information in the next sections ACn help in your effort to answer this question.

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent les informations contenues dans les pages suivantes du manuel afin de pouvoir répondre aux questions ci-dessus, et pour se préparer à effectuer des recherches complémentaires sur ce sujet.
Page 71 – Utilisation des piles à combustible – secteur des appareils portables
Page 82 – Courbes de polarisation

Liens internet

Afin d'apprendre davantage concernant les piles à combustible destinées aux appareils portables, visiter ce site :
Horizon Hydropack
http://www.horizonfuelcell.com/portable_power.htm
Téléphones portables
http://cleantech.com/news/2446/fuel-cell-powered-cell-phones-show-progress

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants recherchent des sites traitant du sujet suivant : applications portables des piles à combustible (portable fuel cell applications)

Il existe des piles à combustible de toutes formes et toutes tailles. La figure 4 montre des piles à combustible destinées à des « laptop computers ». Ces nouvelles piles pourraient vientôt remplacer les batteries existantes.

Figure 4- Piles à combustible pour ordinateurs portables

Une autre utilisation populaire des piles à combustible représente un moyen de recharger les téléphones portables. La figure 5 montre Le Minipack de Horizon Fuel Cell, un appareil pour la recharge des petits appareils portables.

Figure 5 . Le MiniPack, dispositif de recharge pour les appareils portables

Construction d'une ferme solaire

Contenu de la leçon

Cette montre la manière d'assembler de multiples panneaux solaires en série et en parallèle afin d'étudier la tension, le courant et la puissance produits. Il représente la simulation d'une « ferme solaire » à petite échelle afin que les étudiants puissent découvrir le potentiel des centrales solaires pour la production de masse. Il sera nécessaire de disposer d'au moins deux panneaux solaires du même modèle mais un plus grand nombre de panneaux peuvent être ajoutés pour effectuer des tests plus concluants.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants utiliseront une procédure scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront puis analyseront les données
- Les étudiants découvriront l'effet photovoltaïque des panneaux exposés à la lumière du soleil ou d'une lumière artificielle.
- Les étudiants apprendront à assembler des panneaux solaires en série ou en parallèle.
- Les étudiants utiliseront internet pour effectuer des recherches complémentaires.

Résultats attendus

Les étudiants observent que les panneaux solaires photovoltaïques peuvent être connectés en série ou en parallèle, de la même manière que des piles de lampe de poche, avec des résultats similaires.
Les étudiants découvrent que :

1. Les panneaux solaires connectés en série produisent plus de tension, mais le même courant.
2. Les panneaux solaires connectés en parallèle produisent plus de courant, mais la même tension.
3. Les panneaux solaires peuvent être connectés selon n'importe quelle combinaison de sous-groupes en parallèle ou en série afin de produire la tension, le courant et la puissance souhaitée pour une certaine utilisation.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants commenceront par connecter deux panneaux solaires en série et mesureront la tension, le courant et la puissance obtenus pour alimenter une résistance représentant la charge. Ils feront varier l'angle d'inclinaison des panneaux. Ensuite, ils connecteront les panneaux en parallèle et répéteront les mesures. Les données seront saisies pour une analyse ultérieure. Des exercices complémentaires seront effectués dans la section « hypothèses » afin de s'assurer que les possibilités de montage des panneaux en différents groupes série / parallèle ont bien été assimilées. De tels montages permettent par exemple d'obtenir la tension requise pour alimenter des appareils portables.

Securité

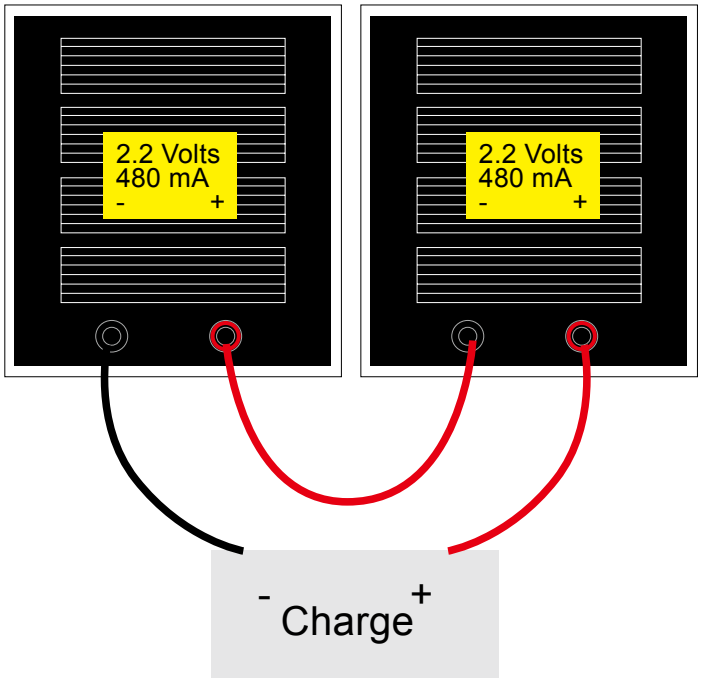
Les précautions d'usage doivent être respectées lors de l'utilisation d'une source de lumière artificielle pour éclairer un panneau solaire. Il convient de ne pas surchauffer le panneau dont la matière plastique pourrait fondre. Attention de ne toucher aucun objet surchauffé afin d'éviter tout risque de brûlure.

Montage des panneaux solaires en série et en parallèle

Avant de débuter l'expérience, cette première Partie est un guide expliquant les montages série et parallèles des panneaux solaires. Il devrait faciliter la compréhension de l'expérience.

Montage en série de deux panneaux solaires

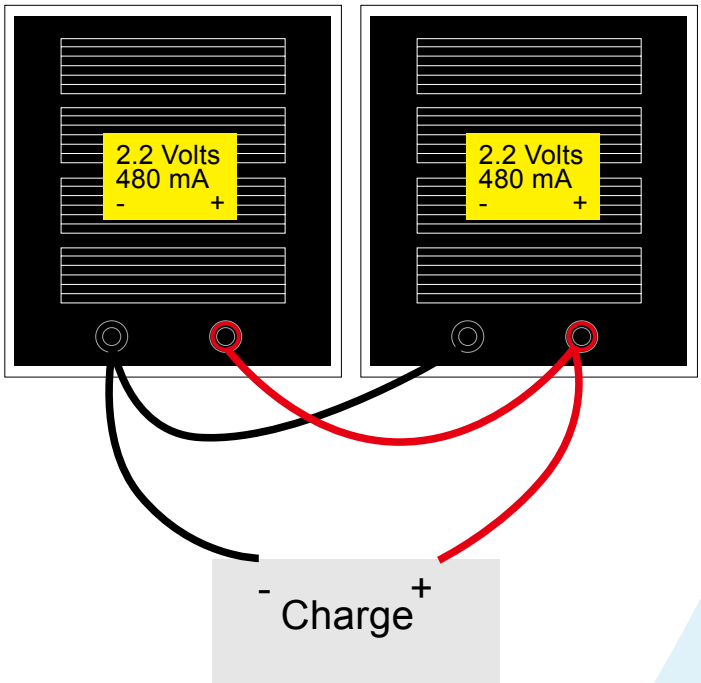
L'illustration ci-contre montre le montage en série de deux panneaux solaires. Commençons par la borne positive sur le panneau solaire de droite qui est reliée au côté positif de la charge. Puis, connectons la borne négative du panneau PV de droite à la borne positive du panneau PV de gauche. La borne négative du panneau solaire PV de gauthe est ensuite reliée à l'extrémité négative de la charge. Dans cette configuration en série, le courant total produit par les panneaux solaires est égal au courant nominal d'un seul panneau. La tension totale (Volts) est égale à la somme des tensions nominales des deux panneaux.



Sortie combinée
4.4 Volts
480 mA

Montage en parallèle de deux panneaux solaires.

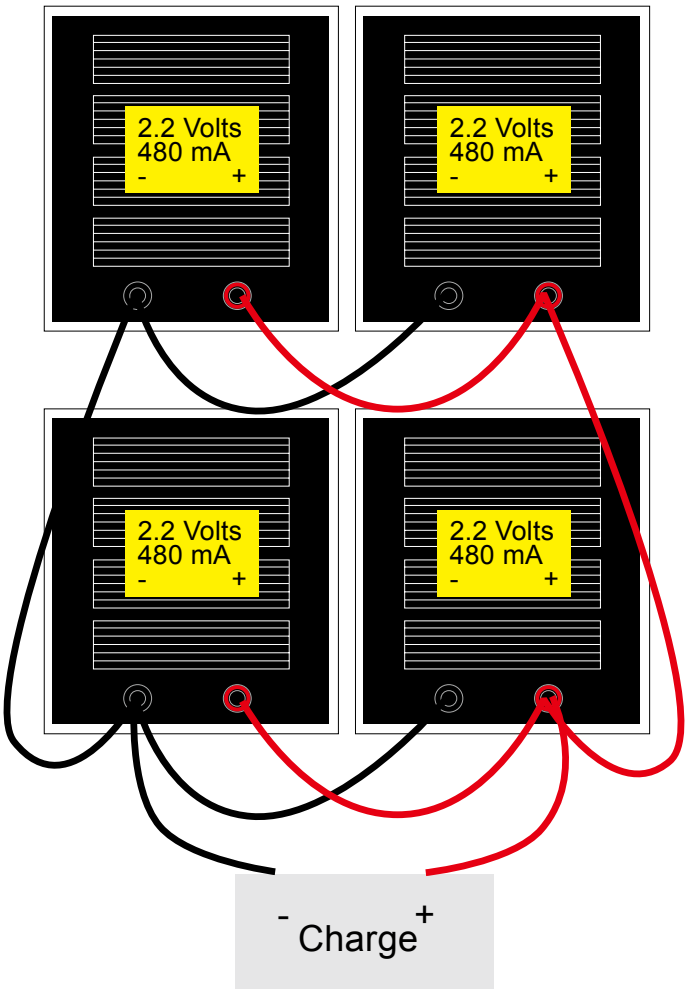
Dans cette configuration, la borne positive du panneau solaire de gauche est connectée à la borne positive du panneau solaire de droite, ainsi qu'à l'extrémité positive de la charge. La borne négative du panneau solaire de gauche est connectée à la borne négative du panneau solaire de droite, ainsi qu'à l'extrémité négative de la charge. Dans cette configuration parallèle, la tension totale produite par les deux panneaux sera égale à la tension nominale d'un seul panneau PV. Le courant produit sera égal à la somme des courants produits par chacun des deux panneaux PV.



Sortie combinée
2.2 volts
960 mA

Montage parallèle # 1 : quatre panneaux solaires PV

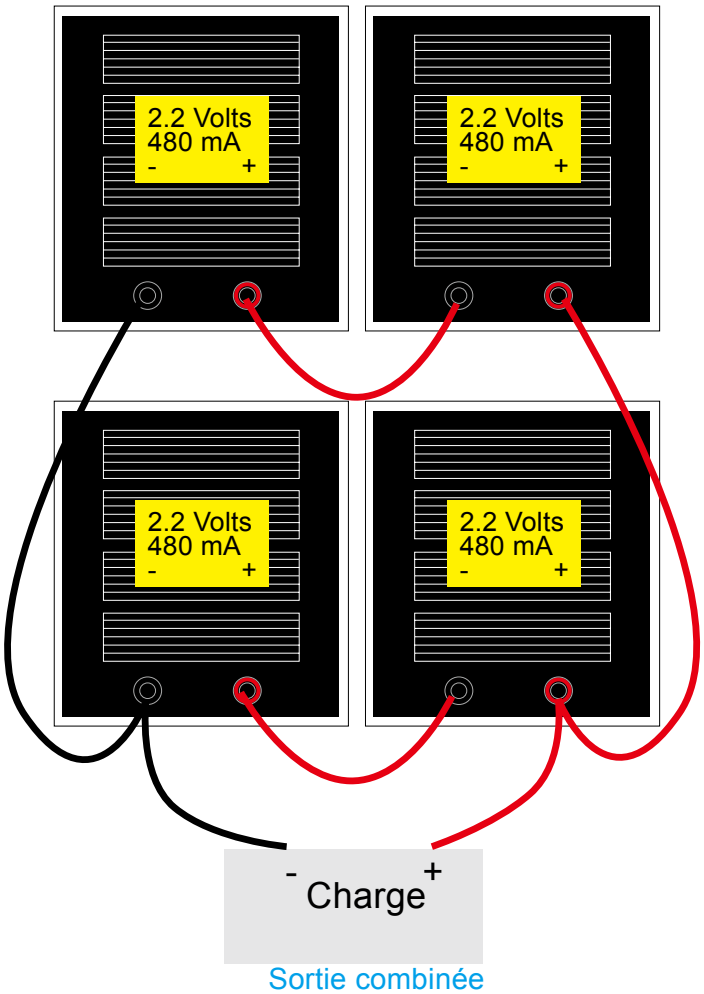
Quatre panneaux solaires PV sont configurés en un montage parallèle. Dans cette configuration, la tension de l'ensemble correspondra à la tension nominale d'un seul panneau PV. Le courant produit sera la somme des courants unitaires produits par les quatre panneaux PV. Les deux panneaux du haut sont connectés en parallèle, de même que les deux panneaux du bas; puis les deux groupes de deux sont à leur tour connectés en parallèle.



Sortie combinée
2.2 volts
1.02 A

Montage série-parallèle # 2 de quatre panneaux solaires PV

Quatre panneaux solaires sont connectés dans une configuration série – parallèle. De cette manière, la tension totale correspondra à deux fois la tension nominale d'un panneau PV. Le courant total correspondra à deux fois le courant nominal d'un panneau PV. Les deux panneaux du haut et les deux panneaux du bas sont connectés en série par groupes de deux. Puis le groupe du haut est connecté en parallèle avec le groupe du bas.

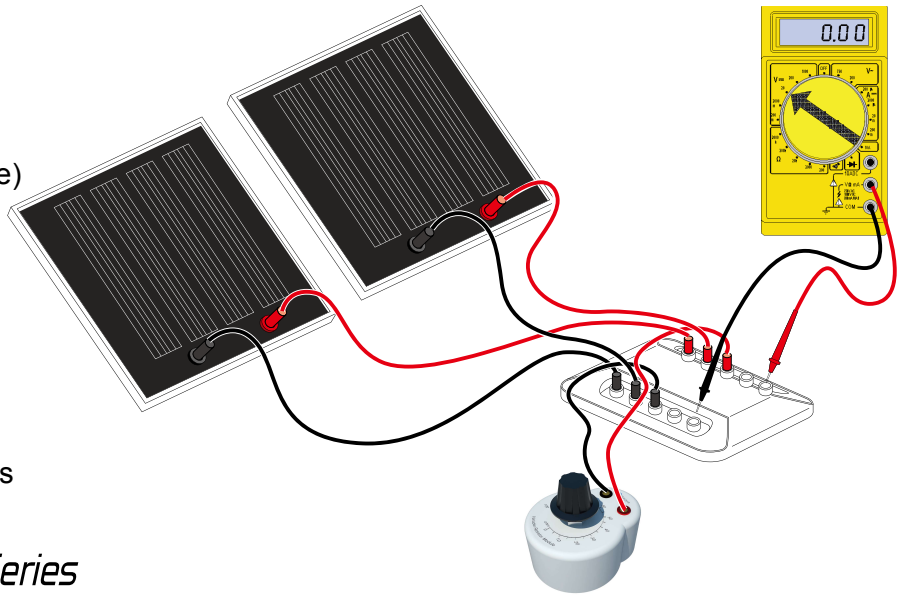


Sortie combinée
4.4 volts
960 mA

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

2- Panneaux solaires
photovoltaïques (ou plus si possible)
1- Lampe de bureau
(ou deux si nécessaire)
1- Rapporteur d'angle
1- Potentiomètre de 100 Ohms
3- Câbles de connexion rouges
3- Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques



Installation de l'équipement #1 - Series

Effectuer l'expérience

Attention : Ne pas surchauffer les panneaux solaires et ne toucher aucun objet chaud afin d'éviter toute brûlure

1. Régler le potentiomètre à 100 ohm
2. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC, sur une échelle de 10 Volts minimum
3. Installer les panneaux solaires horizontalement sur la surface de la table, face vers le haut
4. Diriger la lampe de bureau allumée directement vers les panneaux solaires (distance environ 20 cm)
5. Mesurer la tension.
6. Régler le potentiomètre à 50 ohm et mesurer la tension
7. Régler le potentiomètre à 30 ohm et mesurer la tension.
8. Incliner les panneaux solaires PV selon un angle de 45 degrés par rapport à la surface de la table.
9. Répéter les étapes 1 à 7

Traitement des données panneaux PV en série

Les étudiants reportent les valeurs mesurées dans le tableau ci- dessous. Ils calculent le courant et la puissance produite en tenant compte de la tension mesurée et de la valeur des différentes combinaisons de résistances Se référer au chapitre 1 du Manuel d'expérimentation, - Loi d'Ohm- pour des informations concernant la méthode de calcul.

Panneaux solaires PV en série – Horizontaux

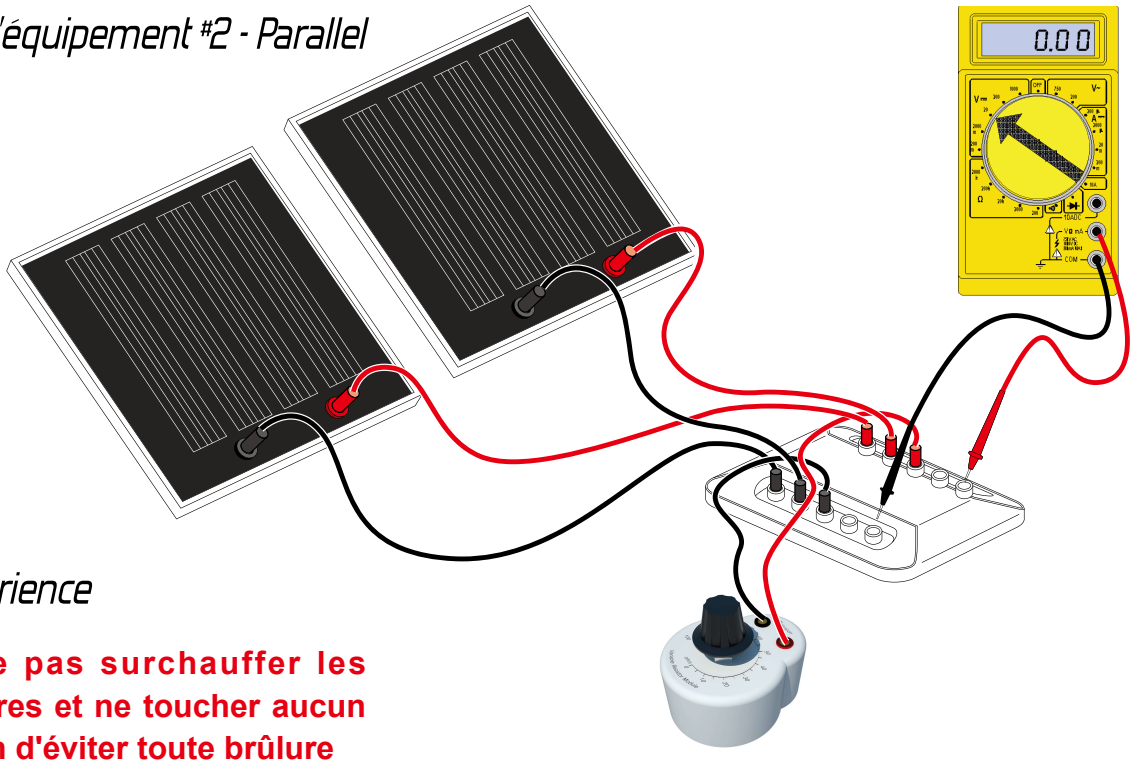
Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Panneaux solaires PV en série – Incliné à 45°

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Installation de l'équipement #2 - Parallel



Effectuer l'expérience

Attention : Ne pas surchauffer les panneaux solaires et ne toucher aucun objet chaud afin d'éviter toute brûlure

10. Régler le potentiomètre à 100 ohm
11. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC sur une échelle de 10 Volts minimum
12. Installer les panneaux solaires horizontalement sur la surface de la table, face vers le haut.
13. Diriger le faisceau de la lampe directement vers les panneaux solaires. (distance environ 20 cm)
14. Mesurer puis noter la tension (Volts)
15. Régler le potentiomètre à 50 ohm
16. Régler le potentiomètre à 30 ohm
17. Incliner les panneaux solaires selon un angle de 45 degrés par rapport à la surface de la table.
18. Répéter les étapes 10 à 16.

Traitement des données panneaux PV en parallèle

Les étudiants reportent les valeurs mesurées dans le tableau ci-dessous. Ils calculent le courant ainsi que les puissances en fonction des valeurs de tension mesurées et des différentes combinaisons de résistances .Se référer au chapitre 1 du Manuel d'expérimentation, - Loi d'Ohm- pour des informations concernant la méthode de calcul.

Panneaux solaires en parallèle - horizontaux

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Panneaux solaires en parallèle - inclinés à 45°

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesures

Matériel

2 – Deux panneaux solaires (plus, si désiré)
1- Lampe de table à col de cygne (deux si nécessaire)
1 - Rapporteur
1 – Potentiomètre 100 ohms
4 – Câble électrique rouge
4 – Câble électrique noir
1 – Platine de branchement

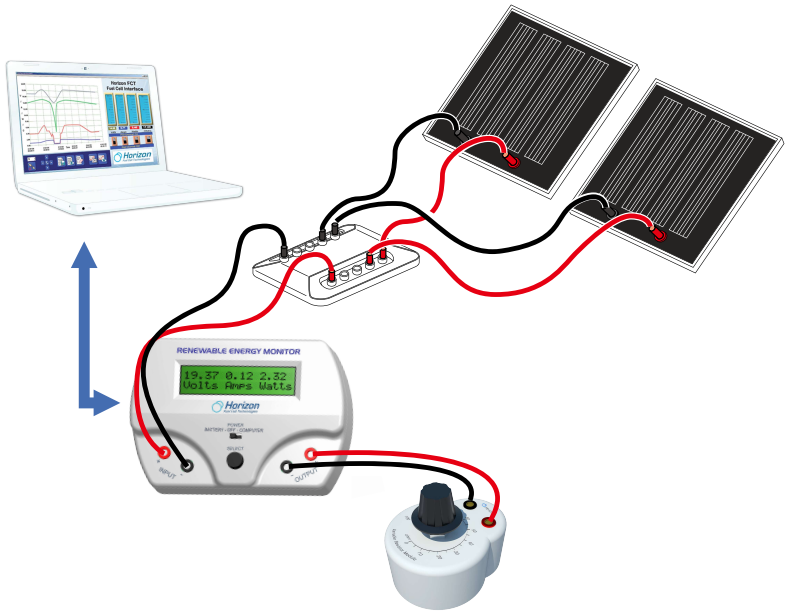
Effectuer l'expérience

Attention: Ne pas surchauffer le panneau solaire ni le toucher quand il devient chaud!

1. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.

3. Réglez le potentiomètre sur 100 ohms. Les panneaux solaires doivent être à la lumière pour que cela de produise.
4. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
5. Placez les panneaux solaires à plat sur la table, face au plafond.
6. Braquez la lampe directement sur les panneaux solaires
7. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
8. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.
9. Réglez le potentiomètre sur 50 ohms. Les panneaux solaires doivent être à la lumière pour que cela de produise.
10. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
11. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
12. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.
13. Réglez le potentiomètre sur 30 ohms. Les panneaux solaires doivent être à la lumière pour que cela se produise.
14. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
15. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
16. Inclinez les panneaux solaires à un angle de 45 degrés par rapport à la table.
17. Répétez les étapes 1 à 15.

Installation de l'équipement #1 - Series



Traitement des données

Faîtes noter aux étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous.

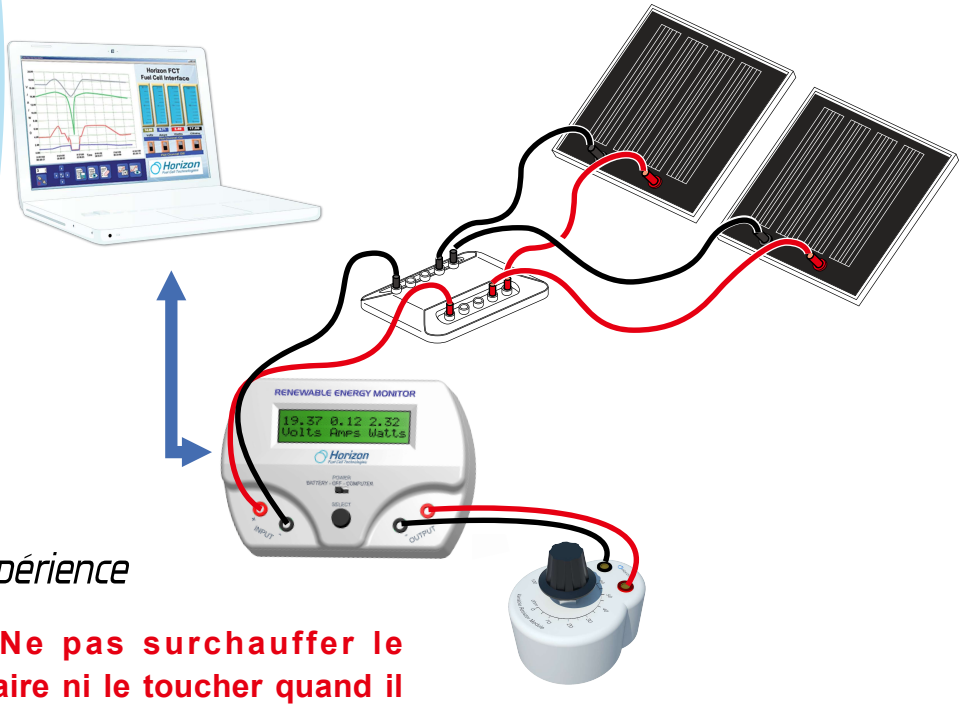
Panneaux solaires en série - horizontaux

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Panneaux solaires en série - inclinés à 45°

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Installation de l'équipement #2 - parallèle



Effectuer l'expérience

Attention: Ne pas surchauffer le panneau solaire ni le toucher quand il devient chaud!

18. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
19. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.
20. Réglez le potentiomètre sur 100 ohms. Les panneaux solaires doivent être à la lumière pour que cela de produise.
21. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
22. Placez les panneaux solaires à plat sur la table, face au plafond.
23. Braquez la lampe directement sur les panneaux solaires
24. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
25. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.
26. Réglez le potentiomètre sur 50 ohms. Les panneaux solaires doivent être à la lumière pour que cela de produise.
27. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
28. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
29. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à l'affichage des Ohms.
30. Réglez le potentiomètre sur 30 ohms. Les panneaux solaires doivent être à la lumière pour que cela de produise.
31. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.
32. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
33. Inclinez les panneaux solaires à un angle de 45 degrés par rapport à la table.
34. Répétez les étapes 18 à 32.

Traitement des données

Faîtes noter à vos étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous:

Panneaux solaires en parallèle - horizontaux

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Panneaux solaires en parallèle - inclinés à 45°

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms			
50 ohms			
30 ohms			

Analyse des résultats

Les données ci-dessous ont été mesurées dans les conditions de l'expérience
Lors de l'expérience utilisant les panneaux solaires branchés en série, on constate que le courant est resté relativement stable alors que la tension variait selon le nombre de résistances utilisées. Ceci est bien conforme à nos attentes dans le ACdre de panneaux solaires PV connectés en série. La seule différence est apparue lors de l'inclinaison des panneaux selon un angle de 45 degrés, les plaçant ainsi plus près de la source de lumière. Ce changement a ACusé une augmentation de la tension et du courant; cependant, le courant est de nouveau resté constant quelle que soit la charge du circuit, alors que la tension variait.

Panneaux solaires PV – en série – horizontaux

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms	3.194	0.032	0.102
50 ohms	1.708	0.034	0.057
30 ohms	1.173	0.035	0.040

Panneaux solaires PV – en série – Inclinaison à 45°

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms	4.076	0.041	0.166
50 ohms	1.513	0.045	0.067
30 ohms	1.234	0.044	0.054

Pour les panneaux solaires PV connectés en parallèle, c'est le contraire qui s'est produit. On observe que la tension est restée la même, alors que le courant variait selon la résistance de charge. Le fait de changer l'angle d'inclinaison n'a pas beaucoup affecté les mesures dans ce cas.

Panneaux solaires PV en parallèle – Horizontaux

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms	2.486	0.025	0.061
50 ohms	2.340	0.047	0.109
30 ohms	2.124	0.063	0.133

Panneaux solaires PV en parallèle – Inclinaison 45°

Résistances	Volts	Ampères	Watts
100 ohms	2.548	0.026	0.066
50 ohms	2.465	0.050	0.122
30 ohms	2.332	0.070	0.162

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes. Si votre classe décidait de construire une ferme solaire modèle réduit. Comment connecteriez-vous les panneaux solaires PV, en série ? En parallèle ? Pour alimenter ou recharger les appareils suivants :

- un Ipod
- un téléphone portable
- un poste de radio portable de puissance (Boom Box)
- un ordinateur portable

Supposons que chaque panneau solaire PV possède une tension nominale de 3 Volts et un courant de 0.100 Ampères (100 milliampères). Vous disposez d'autant de panneaux que vous désirez, mais vous serez évalués selon le nombre de panneaux utilisés, alors, n'en utilisez pas plus que nécessaire.

Vous pouvez dépasser légèrement la tension requise ainsi que le courant requis sans vous soucier d'endommager les appareils qui seront connectés.

Le but est de trouver la meilleure combinaison de branchements série / parallèle pour recharger ou alimenter chacun des appareils. Il peut exister plusieurs bonnes solutions. Lorsque vous estimerez que vous avez trouvé la solution, dessinez le schéma du montage, puis décrivez en quelques mots et quelques calculs pourquoi vous pensez que ce dispositif fonctionnera.

Note : les données ci- dessous, concernant les paramètres de charge ou d'alimentation des appareils ne sont mentionnés qu'à titre d'exemple. Ils peuvent ne pas correspondre aux valeurs requises pour les appareils que vous possédez ! **N'essayez pas d'alimenter ou de recharger vos appareils autrement qu'avec le chargeur du modèle et de la marque correspondants. Les données suivantes ne sont qu'un exercice.**

Ferme solaire -Problème # 1 – recharge de votre Ipod

Un Ipod typique requiert une tension de 6 Volts et un courant de 0.2 Ampères (200 ma) pour la recharge. De combien de panneaux solaires PV, et dans quelle configuration série/parallèle aurez-vous besoin pour le recharger ?

Ferme solaire . Problème # 2 – Recharge de votre téléphone portable

La plupart des téléphones portables requièrent une tension de 9 Volts et un courant de 0.4 Ampères, (400 ma), pour se recharger. De combien de panneaux solaires PV, et dans quelle configuration série/ parallèle aurez-vous besoin pour le recharger ?

Ferme solaire – Problème # 3 – Alimentation d'un poste de radio portable (Boom Box)

Un Boom Box est très bruyant, donc très puissant; supposons que le nôtre demande 15 Volts et 0.8 Ampères (800 ma) pour jouer nos tubes favoris. De combien de panneaux solaires PV, et dans quelle configuration série/parallèle aurez-vous besoin pour l'alimenter ?

Ferme solaire -Problème # 4 - Alimentation d'un « laptop computer

Une bonne chose serait de garder son laptop computer chargé en permanence poue pouvoir surfer sur le web, Twitter vers ses amis, sans jamais voir ses batteries s'épuiser ! Supposons que notre modèle de laptop nécessite une tension de 12 Volts et un courant de 1.2 Ampères pour rester chargé en permanence. De combien de panneaux solaires PV, et dans quelle configuration série/parallèle aurez-vous besoin pour l'alimenter ?

Ecrire vos réponses ci-dessous

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent l'information contenue dans les pages suivantes afin de se préparer à effectuer des recherches complémentaires.
Page 35 – Alimenter une maison individuelle à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques
Page 35 – Résoudre les problèmes posés par les installations solaires PV

Liens internet

http://community.gogreensolar.com/video/wiring-solar-panels-in-series

http://www.ACliforniasolarcenter.org/fste/fste

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur le thème : concentrateurs de rayonnement solaire (concentrating solar arrays)
La méthode la plus récente pour produire une très grande quantité d'énergie à l'aide du rayonnement solaire utilise des système « concentrateurs » . Un modèle de concentrateurs solaires focalisent le rayonnement solaire à l'aide de réflecteurs paraboliques vers un point précis où se trouve un matériau photovoltaïque. Un tel dispositif produit plus d'énergie électrique qu'une surface équivalente de panneaux solaires plans.

Figure 2 – Concentrateurs de rayonnement solaire

Un autre système concentrateur de rayonnement solaire utilise un ensemble de miroirs paraboliques orientables qui focalisent la lumière vers le sommet d'une tour où du sel est chauffé à température de fusion. Cette chaleur est ensuite utilisée pour produire de la vapeur d'eau qui alimente une turbine et des génératrices électriques conventionnelles. L'avantage de ce système est que le sel en fusion stocké en quantité conserve sa chaleur et permet de continuer la production de l'électricité jour et nuit.

Figure 3 – Ferme solaire thermique

Construire une ferme éolienne ou parc éolien

Contenu de la leçon

Cette leçon montre comment configurer des éoliennes modèle réduit en série ou en parallèle pour produire de l'électricité et observer le changements de tension ou de courant, de puissance en fonction des différents montages. Il s'agit de la simulation d'un « parc éolien » à échelle réduite permettant aux étudiants de comprendre tout le potentiel des parcs éoliens pour la production d'énormes quantités d'énergie électrique. Nous utilisons ici le modèle réduit d'éolienne livré avec le set de Horizon « Hydro-Wind Kit » , « set Hydrogène Eolien »-

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivront un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à interconnecter des éoliennes en série ou en parallèle
- Les étudiant effectueront des calculs relatifs à l'énergie
- Les étudiants utiliseront internet pour effectuer des recherches complémentaires

Résultats attendus

Les étudiants constatent qu'il est possible d'interconnecter plusieurs éoliennes en série ou en parallèle afin de produire les niveaux désirés de tension et de courant.
Les étudiants découvrent que :

1. Les éoliennes connectées en série produisent une plus haute tension, mais la même intensité de courant qu'une éolienne unique.
2. Les éoliennes connectées en parallèle produisent une plus grande intensité de courant, mais le même niveau de tension qu'une seule éolienne
3. Il faut plus d'énergie pour produire une certaine quantité d'hydrogène, que cette même quantité d'hydrogène ne produit d'énergie quand on l'utilise pour alimenter une pile à combustible pour faire fonctionner un moteur électrique.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants utilisent deux éoliennes modèle réduit, munies de 6 pales longues. Ils connectent tout d'abord les deux éoliennes en série, puis mesurent la tension, le courant donc la puissance qui alimente un électrolyseur. (Pile à combustible réversible PEM). Puis ils connectent un ensemble moteur électrique – ventilateur pour mesurer le temps durant lequel le moteur tournera en utilisant l'hydrogène produit. Ensuite, ils connecteront les deux éoliennes en parallèle et répéteront l'expérience. Ils mesureront le temps mis pour produire une certaine quantité d'hydrogène dans chacune des configurations. Puis ils mesureront le temps durant lequel un moteur électrique alimenté par une pile à combustible utilisant l'hydrogène produit, fonctionnera. Les données sont saisies tout au long de l'expérience pour une analyse ultérieure.

Securité

Ne jamais toucher les pales en mouvement afin de ne pas se blesser. Porter constamment des lunettes de protection afin de prévenir toute blessure aux yeux.

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

2- Éoliennes modèle réduit

1- Ventilateur de bureau d'un diamètre de 50 cm (minimum)

1- Pile à combustible

1- Moteur électrique avec hélice

1- Montre ou chronomètre

1-Electrolyseur et des réservoirs d'hydrogène et d'oxygène

3- Câbles de connexion rouges

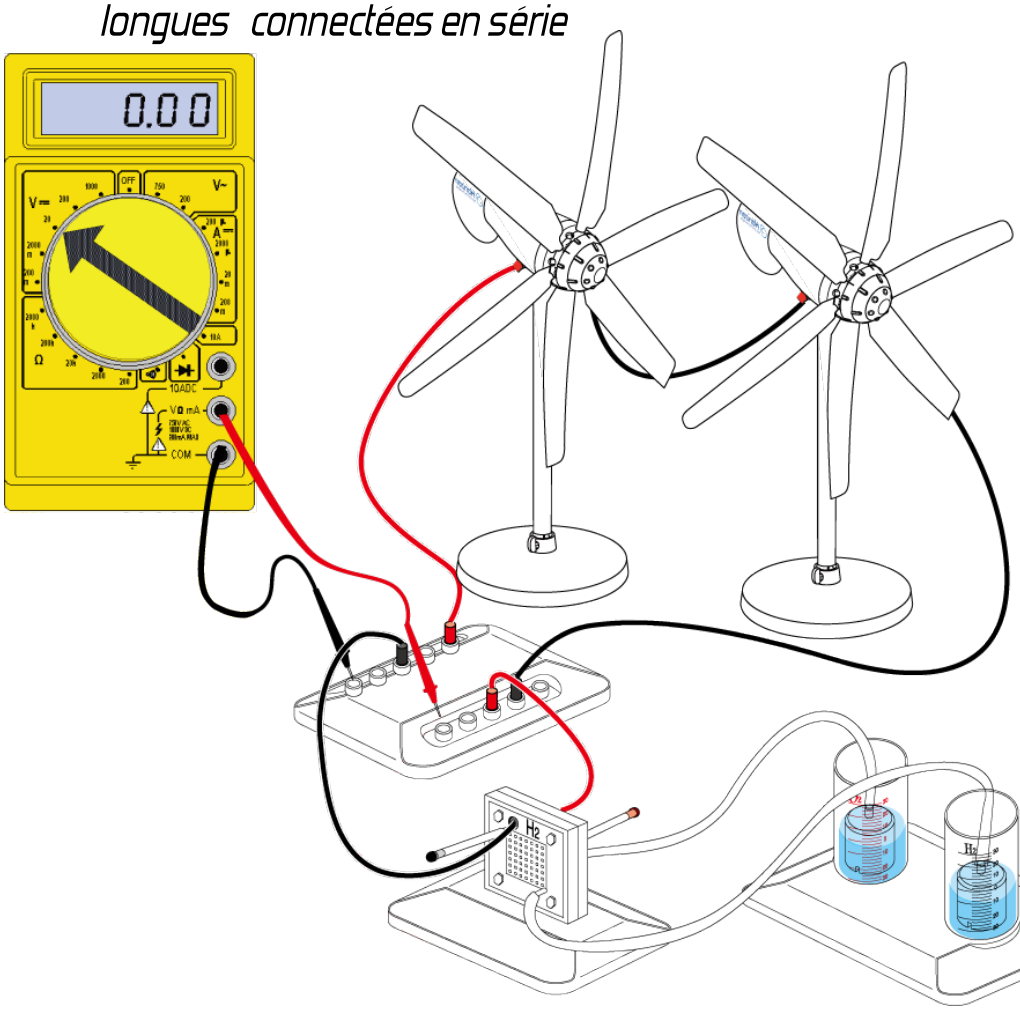
3- Câbles de connexion noirs

1- Platine de branchements électriques

1- Socle pour la pile à combustible

Installation de l'équipement #1

Deux éoliennes munies de six pales longues connectées en série



Effectuer l'expérience

Partie 1:

1. Installer les appareils selon l'illustration
2. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC, sur une échelle de 5 V DC minimum
3. Remplir les deux cylindres réservoirs d'eau distillée, jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les deux cloches de verre internes sont bien remplies d'eau jusqu'au sommet.

Injecter environ 1 ml d'eau distillée dans l'électrolyseur, par l'embout supérieur, côté oxygène (prise rouge – O2)

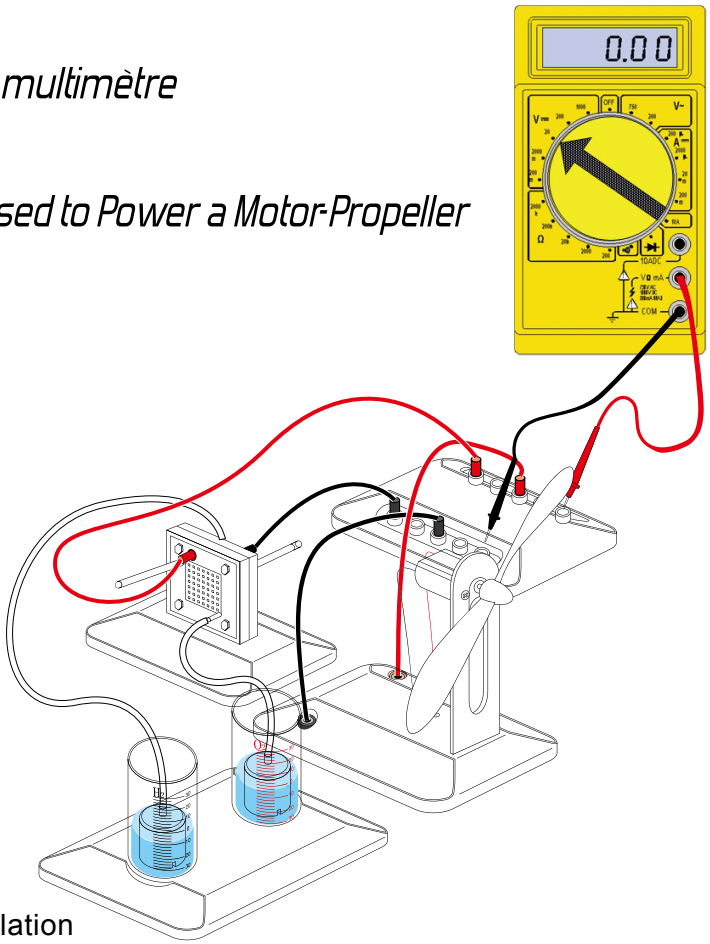
4. Diriger le ventilateur directement vers les éoliennes et le faire tourner à puissance maximum.
5. Noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre

Prévoir un temps de fonctionnement d'environ 5 minutes pour le ventilateur et les éoliennes

6. Noter la tension et le courant durant l'expérience. Vous devrez changer la manière dont le multimètre est branché pour effectuer ces mesures. Le multimètre doit être en « parallèle » pour mesurer une tension. Le multimètre devra ensuite être inséré en « série » afin de pouvoir mesurer le courant. Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 pour plus d'informations.
7. Arrêter le ventilateur après 5 minutes et convertir ce temps en secondes (5 * 60 = 300)

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Installation de l'équipement #2
Measuring the Time and Energy Used to Power a Motor-Propeller



Partie 2:

8. Retirer les éoliennes de l'installation et les remplacer par le moteur électrique-hélice comme indiqué par l'illustration -Installation # 2
9. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
10. Mesurer et noter la tension lors de cette opération. Vous devrez changer la manière dont le multimètre est branché pour effectuer ces mesures. Le multimètre doit être en « parallèle » pour mesurer une tension. Le multimètre devra ensuite être inséré en « série » afin de pouvoir mesurer le courant. Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 pour plus d'informations.
11. Laisser le moteur tourner jusqu'à épuisement de l'hydrogène
12. Noter l'heure exacte au moment de l'arrêt du moteur ou stopper le chronomètre
13. calculer l'intervalle de temps entre le démarrage (9) du moteur et son arrêt (12), puis convertir cet intervalle en secondes.

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs mesurées (temps, tension, courant) dans le tableau ci-dessous.
Ils calculent la puissance absorbée puis la puissance produite en fonction des valeurs de tension et de courant. Se référer au Manuel d'expérimentation Chapitre 1 loi d'Ohm.

Parties 1 and 2 - Nos données

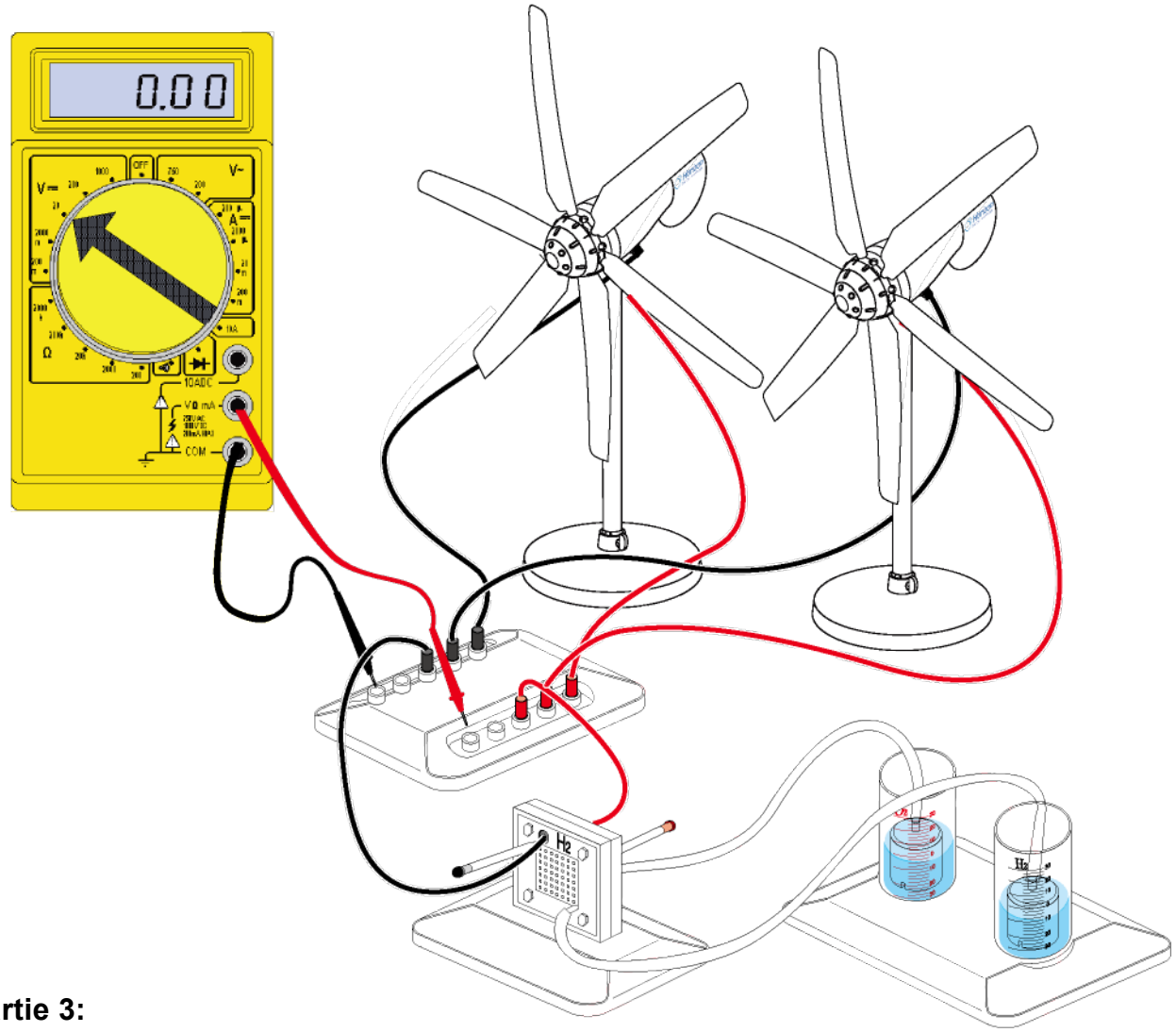
	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 1	300	1.572	0.083	0.130
Partie 2	38	0.73	0.38	0.277

Parties 1 and 2 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 1				
Partie 2				

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Installation de l'équipement #3 Deux éoliennes munies de six pales longues connectées en parallèle.

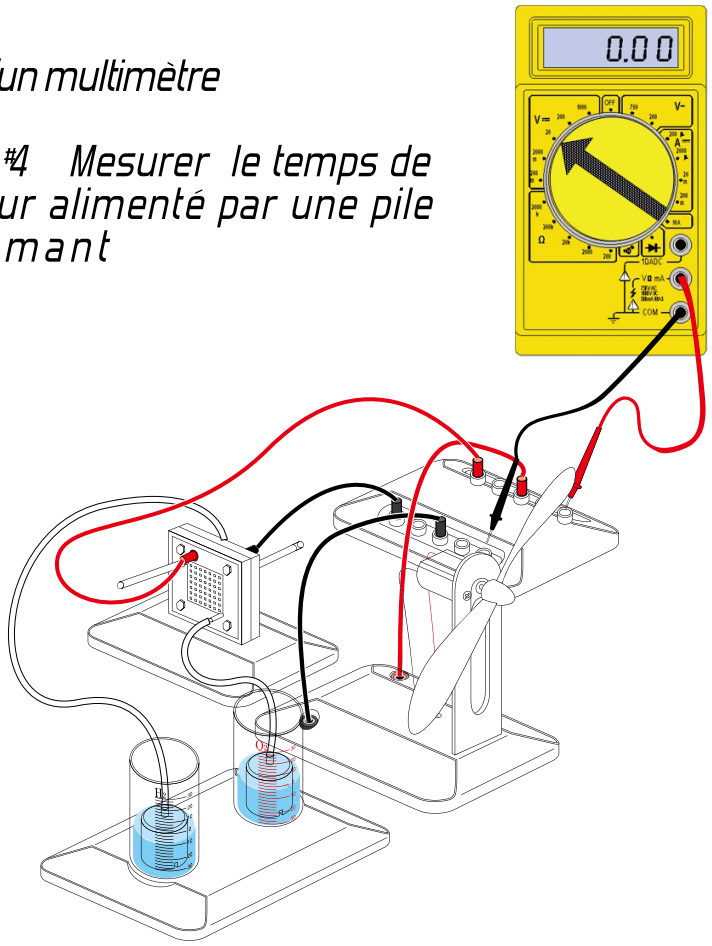


Partie 3:

14. Installer l'équipement selon l'illustration
15. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC sur une échelle de 5 Volts minimum
16. Remplir d'eau distillée les deux cylindres réservoirs d'hydrogène et d'oxygène, jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les cloches de verre internes son remplies jusqu'au sommet.
Injecter environ 1 ml d'eau distillée dans l'électrolyseur, par l'embout supérieur côté oxygène, (prise rouge – O2)
17. Placer le ventilateur de bureau bien en face des éoliennes et le faire tourner à puissance maximum
18. Noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Laisser le ventilateur et les éoliennes fonctionner durant 5 minutes.
19. Mesurer et noter la tension lors de cette opération. Vous devrez changer la manière dont le multimètre est branché pour effectuer ces mesures. Le multimètre doit être en « parallèle » pour mesurer une tension. Le multimètre devra ensuite être inséré en « série » afin de pouvoir mesurer le courant. Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 pour plus d'informations.
20. Arrêter le ventilateur après 5 minutes et convertir cet intervalle de temps en secondes (5 * 60 = 300 secondes).

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Installation de l'équipement #4 Mesurer le temps de fonctionnement d'un moteur alimenté par une pile à combustible consommant l'hydrogène produit



Partie 4:

21. Retirer les éoliennes de l'installation et les remplacer par le moteur électrique-hélice, connecté à la pile à combustible comme indiqué par l'illustration. S'assurer de ne pas laisser fuir l'hydrogène produit !
22. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
23. Noter la tension et le courant durant l'expérience. Vous devrez changer la manière dont le multimètre est branché pour effectuer ces mesures. Le multimètre doit être en « parallèle » pour mesurer une tension. Le multimètre devra ensuite être inséré en « série » afin de pouvoir mesurer le courant. Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 pour plus d'informations.
24. Laisser tourner le moteur jusqu'à épuisement de l'hydrogène
25. Noter l'heure exacte où le moteur s'arrête, ou stopper le chronomètre
26. calculer l'intervalle de temps entre les étapes (22) et (25), et convertire ce temps en secondes.

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs mesurées (temps, tension, courant) dans le tableau ci-dessous. Ils calculent la puissance correspondante aux différentes valeurs de courant et de tension. (Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 – loi d'Ohm).

Parties 3 and 4 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3	300	1.646	0.137	0.226
Partie 4	60	0.703	0.378	0.266

Parties 3 and 4 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3				
Partie 4				

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

Matériel

2- Éoliennes modèle réduit
1- Ventilateur de bureau d'un diamètre de 50 cm (minimum)
1- Pile à combustible
1- Moteur électrique avec hélice
1- Montre ou chronomètre
1-Electrolyseur et des réservoirs d'hydrogène et d'oxygène
4- Câbles de connexion rouges
4- Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques
1- Socle pour la pile à combustible

Pales de l'Éolienne:

Installer 6 pales sur l'éolienne. Utiliser une combinaison des pales BP-28, NACA 44 ou NACA 63.

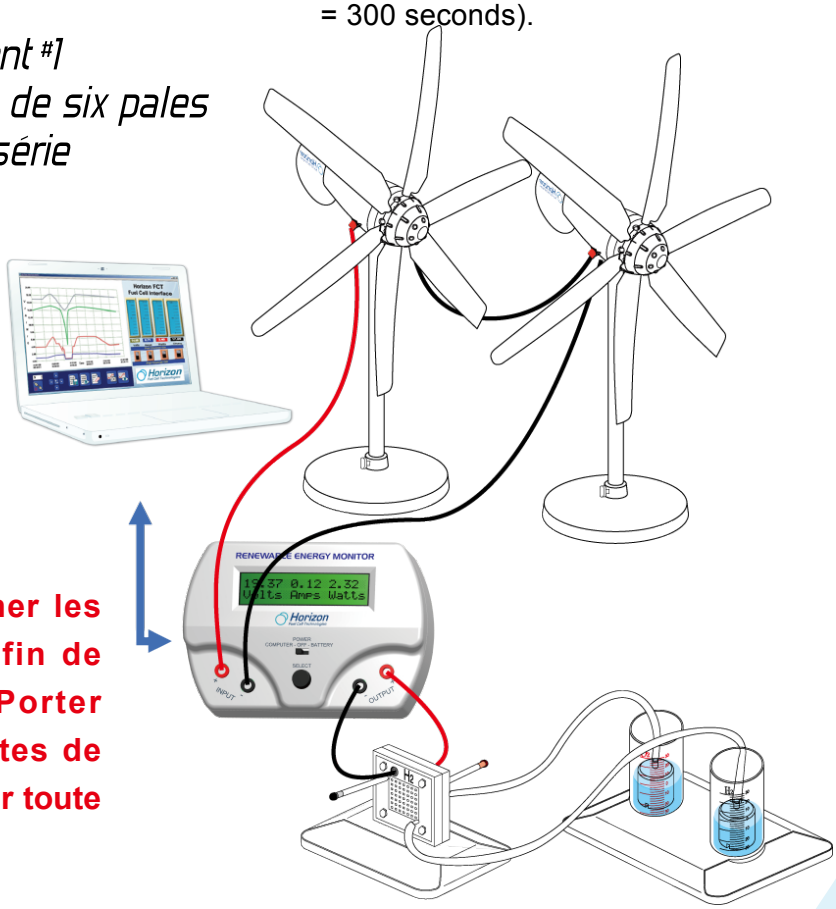
Installation de l'équipement #1 Deux éoliennes munies de six pales longues connectées en série

Effectuer l'expérience

Partie 1:

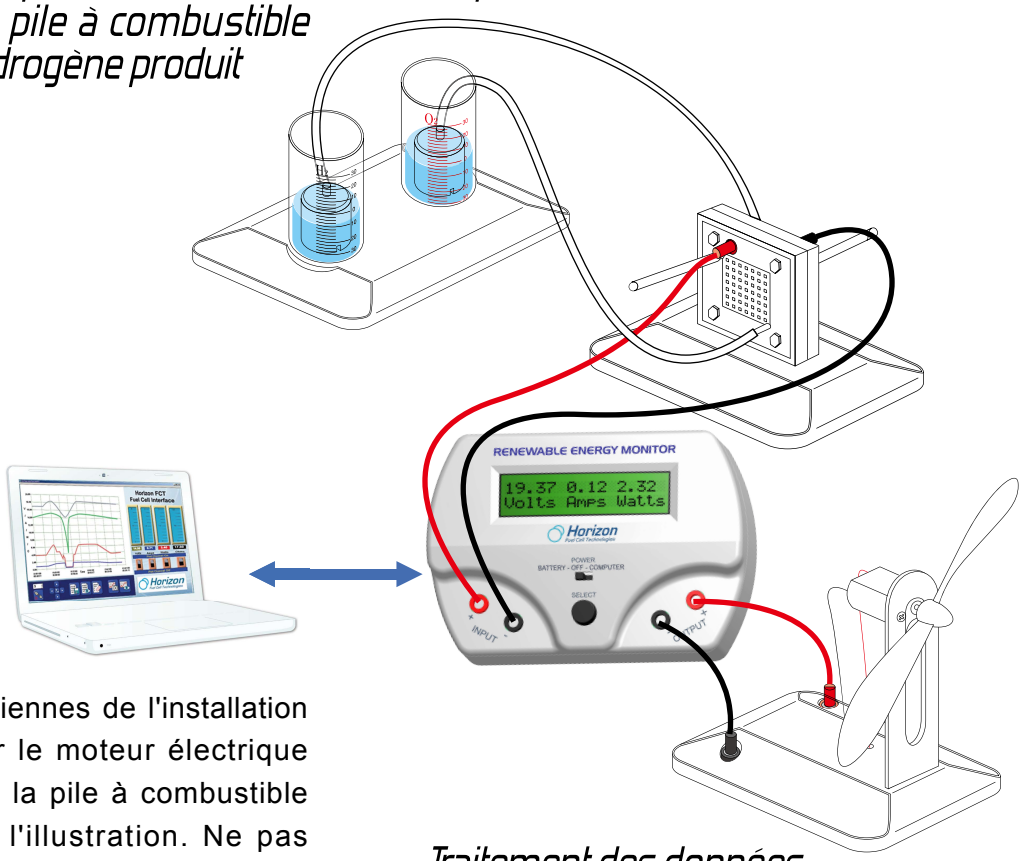
1. Installer l'équipement pour l'installation #1.
2. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
3. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce que s'affichent les Volts Amps Watts.

4. Remplissez les deux réservoirs d'hydrogène et d'oxygène avec de l'eau distillée jusqu'à la graduation 0 ml. Veillez à ce que les réservoirs internes soient complètement remplis d'eau.
5. Placez le ventilateur directement en face de l'éolienne et branchez-le à sa vitesse maximale.
6. Notez le temps sur votre montre. Laissez le ventilateur et l'éolienne fonctionner pendant 5 minutes – pas plus!
7. Enregistrez la tension, le courant et la puissance pendant l'expérience.
8. Eteignez le ventilateur après 5 minutes et convertissez ce nombre en secondes (5 x 60 = 300 seconds).



Attention: ne pas toucher les pales en mouvement afin de ne pas vous blesser. Porter constamment des lunettes de protection afin de prévenir toute blessure aux yeux

Installation de l'équipement # 2 - Mesurer le temps de fonctionnement d'un moteur alimenté par une pile à combustible consommant l'hydrogène produit



Partie 2:

9. Retirer les éoliennes de l'installation et les remplacer par le moteur électrique – hélice, connecté à la pile à combustible comme indiqué par l'illustration. Ne pas laisser fuir l'hydrogène produit! Utiliser à cette fin la pince de serrage livrée avec le set. Se référer au manuel d'utilisateur de l'électrolyseur.
10. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
11. Enregistrez la tension, le courant et la puissance pendant l'expérience.
12. Laissez le moteur fonctionner jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'hydrogène.
13. Noter l'heure exacte au moment où le moteur s'arrête ou stopper le chronomètre.
14. calculer l'intervalle de temps entre les étapes (8) et (10), puis convertir cet intervalle de temps en secondes.

Traitement des données

Faîtes noter à vos étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous:

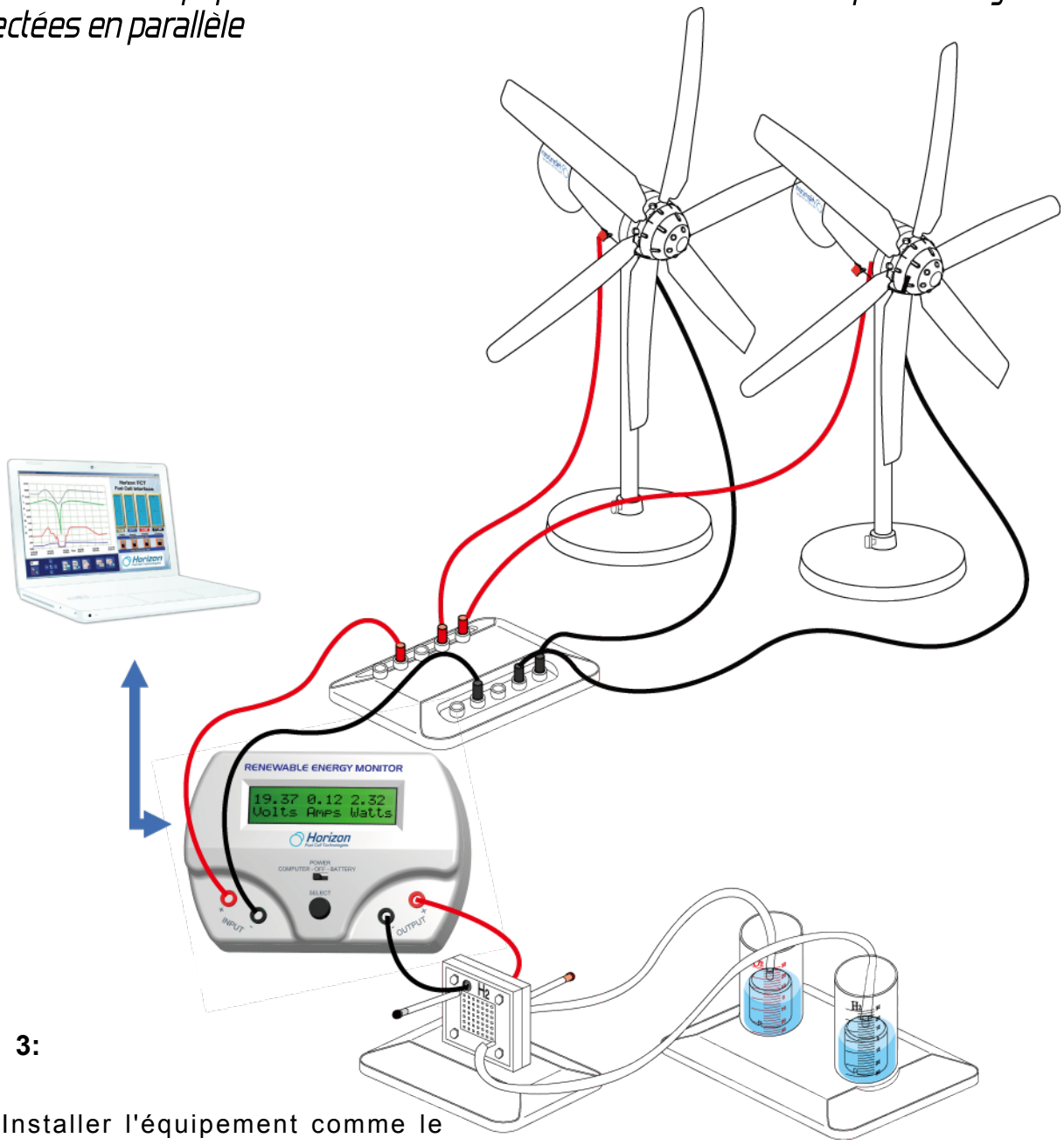
Parties 1 and 2 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 1	300	1.572	0.083	0.130
Partie 2	38	0.73	0.38	0.277

Parties 1 and 2 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 1				
Partie 2				

Installation de l'équipement # 3- deux éoliennes munies de six pales longues- connectées en parallèle

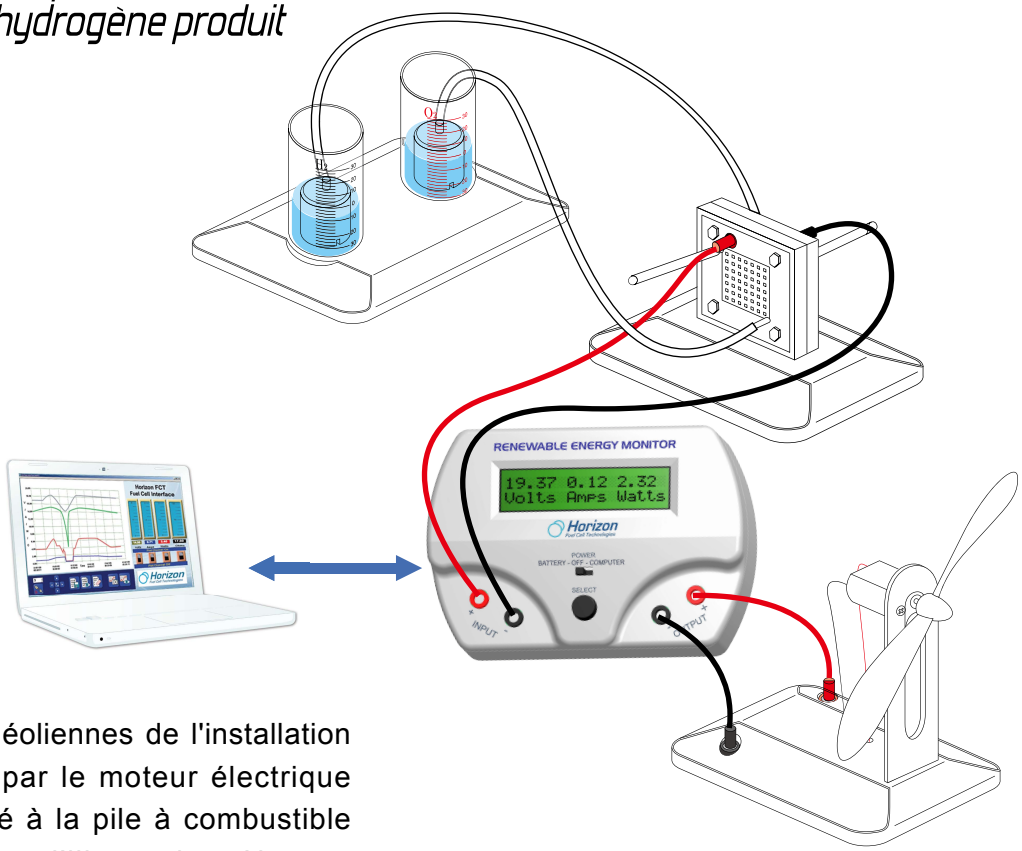


Partie 3:

15. Installer l'équipement comme le montre l'illustration
16. Remplir d'eau distillée les deux cylindres réservoirs d'hydrogène et d'oxygène, jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les cloches de verre internes son remplies jusqu'au sommet.
17. Placer le ventilateur en face des deux éoliennes et le faire fonctionner à puissance maximum
18. Noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Laisser le ventilateur et les éoliennes fonctionner durant 5 minutes.
19. Enregistrez la tension, le courant et la puissance pendant l'expérience.
20. Arrêter le ventilateur après 5 minutes et convertir cet intervalle de temps en secondes (5* 60 = 300 secondes).

Effectuer l'expérience à l'aide de l'accessoire de mesures et de son logiciel

Installation de l'équipement # 4 - Mesurer le temps de fonctionnement d'un moteur alimenté par une pile à combustible consommant l'hydrogène produit



Partie 4:

21. Retirer les éoliennes de l'installation et les remplacer par le moteur électrique – hélice, connecté à la pile à combustible comme indiqué par l'illustration. Ne pas laisser fuir l'hydrogène produit! Utiliser à cette fin la pince de serrage livrée avec le set. Se référer au manuel d'utilisateur de l'électrolyseur.
22. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
23. Enregistrez la tension, le courant et la puissance pendant l'expérience.
24. Laissez le moteur fonctionner jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'hydrogène.
25. Noter l'heure exacte au moment où le moteur s'arrête, ou stopper le chronomètre
26. calculer l'intervalle de temps en secondes entre les étapes (19) et (21).

Traitement des données

Faîtes noter à vos étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous:

Parties 3 et 4 – nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3	300	1.646	0.137	0.226
Partie 4	60	0.703	0.378	0.266

Parties 3 et 4 – vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3				
Partie 4				

Analyse des résultats

A l'aide des mesures effectuées sous la Partie 1 et la Partie 3, calculer l'énergie utilisée pour produire l'hydrogène à l'aide des éoliennes connectées respectivement en série, puis en parallèle.

L'énergie se calcule selon la formule : énergie * temps. Par exemple, en Partieant des valeurs que nous avons mesurées sous la Partie 1 puis la Partie 3, nous trouvons :

Energie fournie par les éoliennes connectées en série :

E1= Puissance x Temps

E1 = 300 x 0.130

E1 = 39.00 watt-seconds or Joules

Energie fournie par les éoliennes connectées en parallèle:

E3 = Puissance x Temps

E3 = 300 x 0.226

E3 = 67.8 watt-seconds or Joules

Selon nos mesures, les éoliennes connectées en parallèle ont fourni plus d'énergie que les éoliennes connectées en série, lorsqu'elles étaient utilisées pour alimenter l'électrolyseur.

Comparons maintenant l'énergie consommées et l'énergie produite.

Sur la base des données saisies sous la Partie 2 et la Partie 4, nous pouvons calculer l'énergie consommée par le moteur électrique et son hélice. Par exemple selon les données de la Partie 2 et de la Partie 4 de l'expérience, les quantités d'énergie sont :

Energie consommée (éoliennes en série)

E2 = Puissance x Temps

E2 = 38 x 0.277

E2 = 10.53 watt-seconds or Joules

Energie consommée (éoliennes en parallèle)

E4 = Puissance x Temps

E4 = 60 x 0.266

E4 = 15.96 watt-seconds or Joules

Si vous avez utilisé l'accessoire de mesures pou effectuer l'expérience, vous avez probablement obtenu des graphiques tels que ceux représentés à la Figure 1 et à la Figure 2, pour les éoliennes en série et en parallèle respectivement.

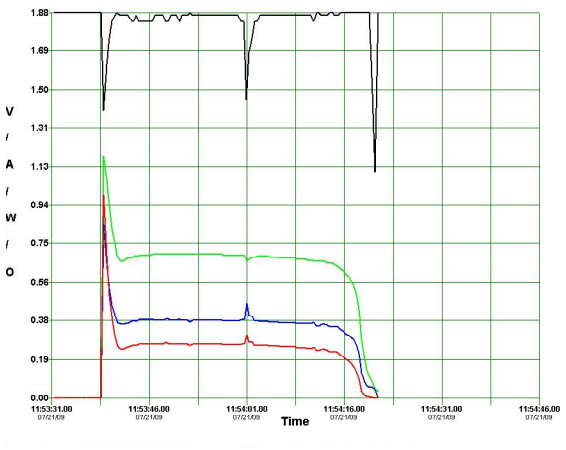


Figure 1 – Graphique du fonctionnement du moteur alimenté par la pile à combustible consommant l'hydrogène produit par les éoliennes en série

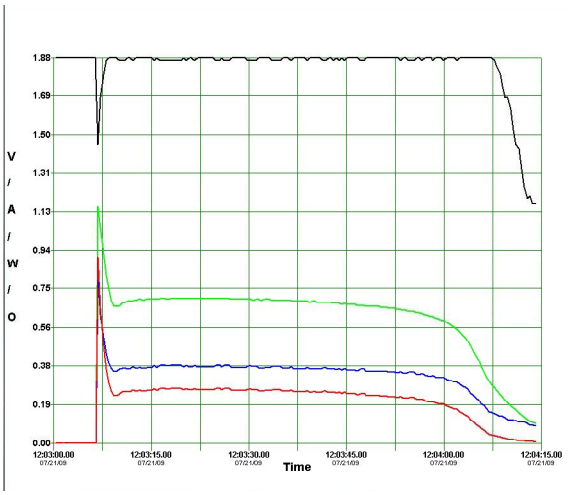


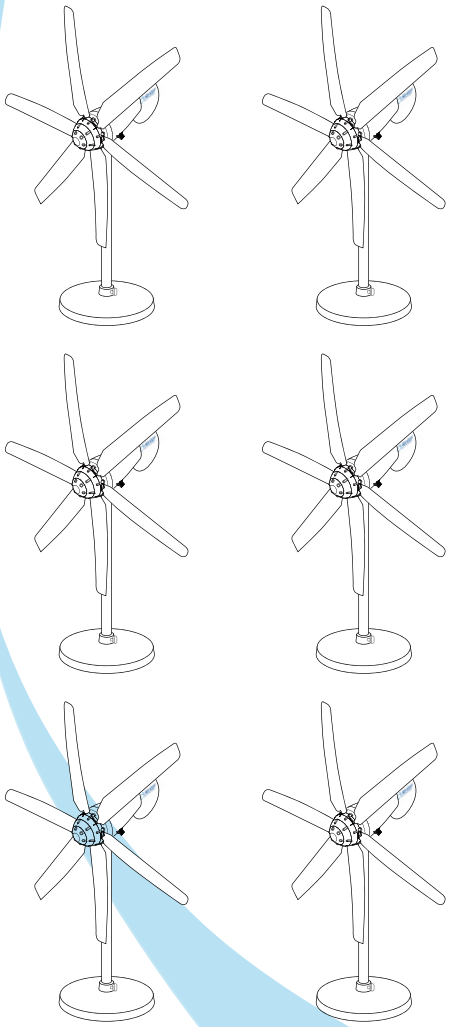
Figure 2 – Graphique du fonctionnement du moteur électrique alimenté par la pile à combustible consommant l'hydrogène produit par les éoliennes en parallèle.

Comme le montrent les deux graphiques, les éoliennes en parallèle ont produit plus d'hydrogène et d'oxygène que les les deux éoliennes connectées en série. La principale raison de cette différence est la difficulté pour les éoliennes d'alimenter l'électrolyseur sans produire un courant suffisant. On observe que lors de la Partie 3, la tension et le courant produits par les éoliennes sont plus importants que lors de la Partie 1. Le fait de connecter les éoliennes en parallèle a permis la production d'un courant plus intense pour alimenter l'électrolyseur, augmentant ainsi la puissance produite.

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes :

Si votre classe décidait de construire un parc éolien en utilisant les mêmes éoliennes que durant l'expérience. En supposant que chaque éolienne produise une tension de 1.5 Volts et un courant de 0.100 Ampère (100 ma), dans une charge, comment les connecteriez-vous (série – parallèle) pour alimenter un moteur nécessitant 3 Volts et 200 ma ? Il existe plusieurs solutions à ce problème. Utiliser les schémas d'éoliennes ci-dessous pour représenter votre configuration série – parallèle. Vous pouvez disposer d'autant d'éoliennes que nécessaire, mais il convient d'en utiliser le moins possible.



Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent l'information contenue dans les pages suivantes afin de se préparer à effectuer des recherches complémentaires.

Page 43 – L'aérodynamique des éoliennes
Page 49 – Energie force du vent
Page 49 – potentiel de l'énergie éolienne
page 49 – Distribution de la vitesse du vent

Figure 3 – Parc éolien sur une mer calme

Liens internet

Pour en savoir plus sur les endroits les plus favorables pour installer des éoliennes :
http://www.nrel.gov/gis/wind.html

Les éoliennes gagnent en popularité- Voici quelques liens utiles :
http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_farm
http://www.capewind.org/

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur le thème suivant : parcs éoliens (windfarms)

Extrait du « Manuel d'enseignement des énergies renouvelables », page 51.
« Dans les endroits où le vent est favorable, de multiples éoliennes peuvent être installées pour constituer des « parcs éoliens » ou (windfarms). Les avantages des parcs éoliens sont : un accès centralisé, un moindre coût de développement, un entretien facilité, une plus grande facilité de connexion vers le réseau de distribution.
Les éoliennes ne peuvent pas être installées trop proches les unes des autres, car elles diminueraient la force du vent disponible pour les éoliennes voisines.
Les parcs éoliens sont de plus en plus nombreux, aussi bien sur la mer, sur terre, ou même pour certains projets, dans le ciel ! Sous forme de plateformes volantes.

Figure 4 – Concept d'éolienne volante (Cette photo provient de : Sky Windpower à San Diego USA)

S'il vous semble que le vent souffle fort quelquefois où vous habitez, soyez heureux de ne pas vivre à 10'000 mètres d'altitude ! A cette altitude, le jet-stream souffle bien plus fort et bien plus souvent que sur terre et il transporte des centaines de fois plus d'énergie.
De la même manière que les compagnies pétrolières forent de plus en plus profondément pour trouver de nouvelles réserves, les pionniers de l'énergie éolienne cherchent de plus en plus haut pour trouver de nouvelles sources d'énergie. Les éoliennes actuelles ne permettront pas d'aller si haut, la plus haute éolienne à ce jour est installée sur un mât de 200 mètres. Il faudra donc avoir recours à de nouvelles technologies pour exploiter les courants d'altitude.

Figure 5 – Parc éolien à Palm Spring AClifornie

Figure 6 – Grand parc éolien sur la mer

Les étudiants tentent de trouver de ces projets ambitieux puis recherchent des idées par eux-mêmes pour produire de l'énergie propre à partir du vent, afin de nous fournir de grandes quantités d'électricité et réduire notre dépendance envers les combustibles fossiles.

Construction d'une pile à combustible

Contenu de la leçon

Cette leçon explore les méthodes pour connecter deux piles à combustible à hydrogène (PEM) en série et en parallèle afin de voir comment évoluent le courant et la tension produite. Elle est organisée de manière à simuler une pile à combustible industrielle dans une dimension où les étudiants peuvent comprendre le potentiel que présentent les piles à combustible pour le remplacement des batteries rechargeables. Ceci, autant pour les ménages que pour les applications industrielles.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants suivent un processus scientifique pour effectuer l'expérience
- Les étudiants recueilleront puis analyseront les données
- Les étudiants apprendront à connecter des piles à combustible en série et en parallèle
- Les étudiants effectueront des calculs relatifs à l'énergie
- Les étudiants utiliseront internet pour effectuer des recherches complémentaires relatives au piles à combustible

Résultats attendus

Les étudiants observeront que le modèle de pile à combustible PEM réversible utilisé peut être connecté en série ou en parallèle afin d'obtenir la tension et le courant désirés.

Les étudiants découvrent que :

1. Les piles à combustible connectées en série produisent une tension plus élevée mais que le courant produit est le même que celui produit par une seule pile
2. Les piles à combustible connectées en parallèle produisent plus de courant, mais la tension est la même que la tension produite par une seule pile.
3. L'énergie disponible pour alimenter un moteur électrique et son hélice fournie par deux piles à combustible connectées en parallèle est différente de l'énergie provenant de deux piles à combustible connectées en série.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants utilisent deux piles à combustible réversibles PEM, et un dispositif de stockage d'hydrogène et d'oxygène constitués de deux cylindres réservoirs. Ils commencent par pratiquer l'électrolyse de l'eau pour produire 10 ml d'hydrogène à l'aide de chaque pile utilisée en mode électrolyseur. Ils mesurent la tension et le courant, la puissance et le temps nécessaires, afin de pouvoir calculer l'énergie utilisée pour produire ces 10 ml d'hydrogène.

Ils connectent ensuite les deux piles à combustible réversibles en série et produisent 10 ml d'hydrogène par chaque électrolyseur. Ensuite, ils connectent un moteur électrique muni d'une hélice aux piles à combustible et mesurent le temps durant lequel le moteur fonctionnera avec cette quantité d'hydrogène. Enfin, ils connectent les piles à combustible en parallèle et répètent l'expérience. Des mesures sont effectuées lors de chaque étape de l'expérience puis notées pour une analyse ultérieure.

Securité

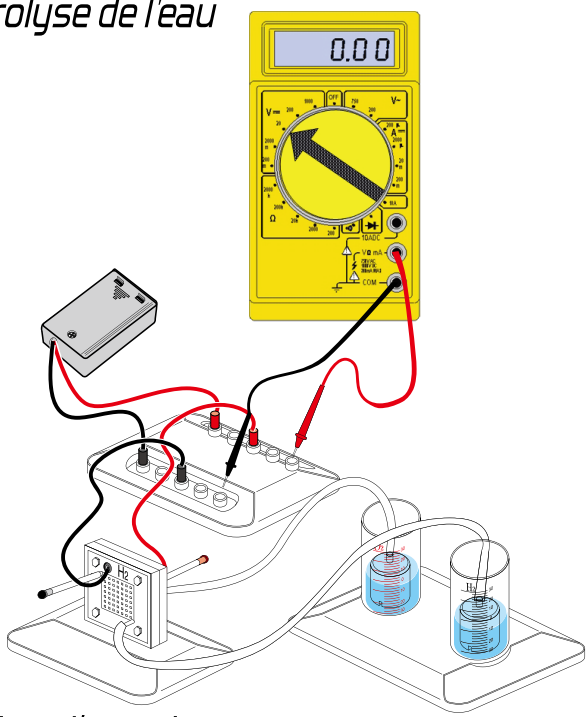
Porter constamment des lunettes de protection afin d'éviter toute blessure aux yeux

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Equipement

2- Piles à combustible
2- Boîtiers de batteries de 3 volts avec interrupteur
1- Moteur électrique et son hélice
1- Montre ou un chronomètre
2- Electrolyseurs
3- Câbles de connexion rouges
3- Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques
2- Socles pour pile à combustible
4- Câbles de connexion rouges
4- Câbles de connexion noirs

Installation de l'équipement #1 Electrolyse de l'eau



Effectuer l'expérience

Partie 1:

1. Installer l'équipement comme l'indique l'illustration
2. Placer le commutateur du multimètre en position Volts DC, sur une échelle de 5 V DC minimum
3. Remplir d'eau distillée les deux cylindres réservoirs d'hydrogène et d'oxygène, jusqu'à la graduation 0 ml. S'assurer que les cloches de verre internes son remplies jusqu'au sommet.
Injecter environ 1 ml d'eau distillée dans l'électrolyseur, par l'embout supérieur côté oxygène, (prise rouge – O2)
4. Placer l'interrupteur du boîtier de batteries en position marche « ON »
5. Noter l'heure exacte ou démarrer le chronomètre, afin de mesurer le temps nécessaire pour que le niveau du réservoir d'hydrogène atteigne la graduation 10 ml
6. Noter la tension et le courant durant l'expérience. Vous devrez changer la manière dont le multimètre est branché pour effectuer ces mesures. Le multimètre doit être en « parallèle » pour mesurer une tension. Le multimètre devra ensuite être inséré en « série » afin de pouvoir mesurer le courant. Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 pour plus d'informations.
7. Placer l'interrupteur du boîtier de batteries en position arrêt « OFF » lorsque le niveau d'hydrogène atteint la marque 10 ml
8. Noter le temps qui a été nécessaire pour atteindre ce niveau d'hydrogène et le reporter dans la table ci-dessous. Convertir ce temps en secondes.
9. Répéter les étapes 1 à 8 avec l'autre électrolyseur.

Traitement des données

Les étudiants reportent le temps ainsi que les mesures de tension, de courant dans le tableau ci-dessous. Ils calculent ensuite les valeurs de puissance correspondants au différentes mesures de tension et de courant. Se référer au « Guide d'expérimentation . Chapitre 1 – loi d'Ohm), pour un complément d'information. Nous mentionnons les valeurs mesurées lors de notre expérience à titre d'exemple, ci-dessous.

Partie 1 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
FC 1	175	2.227	0.594	1.348
FC 2	194	2.202	0.551	1.113

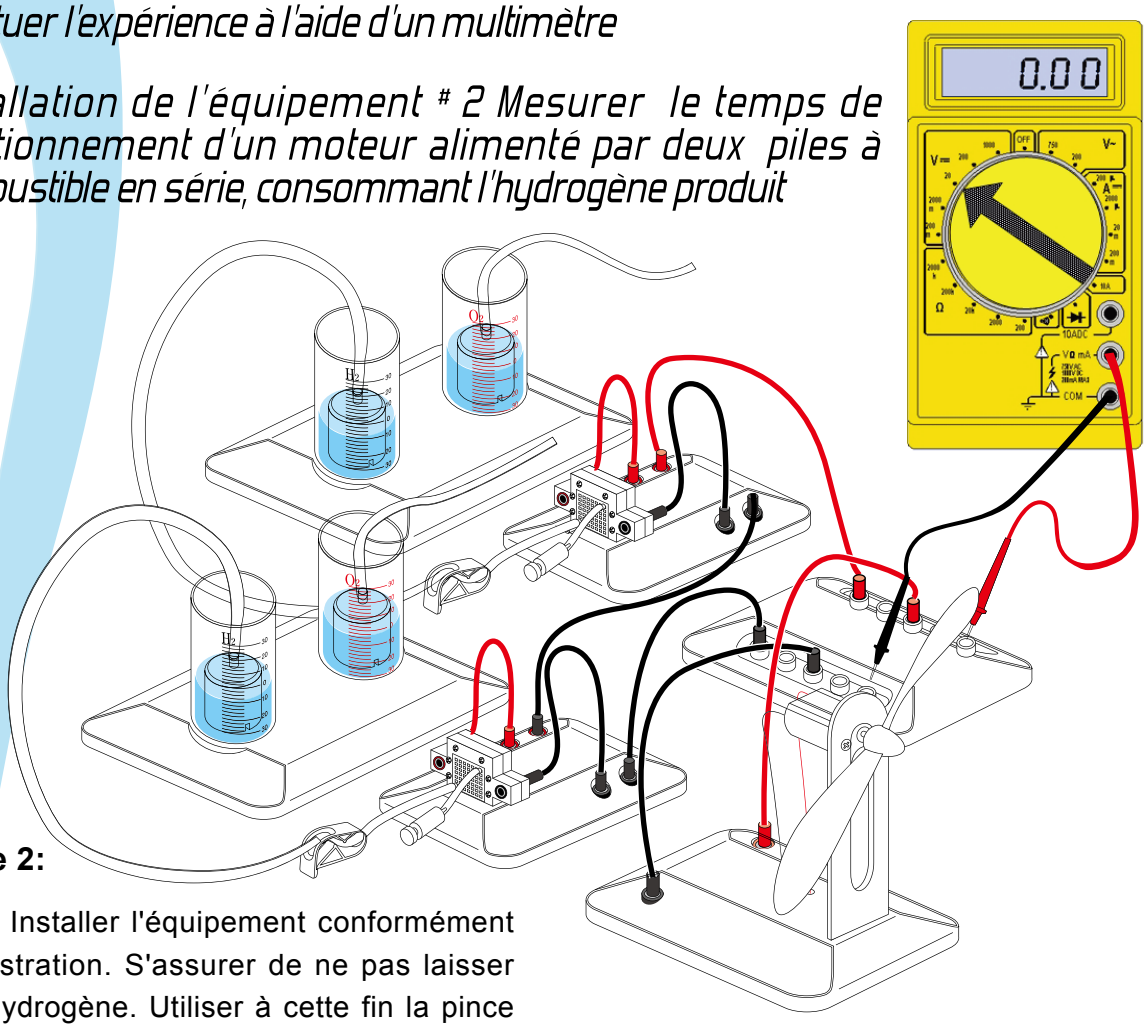
Partie 1 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
FC 1				
FC 2				

Passer à la Partie 2 de l'expérience à la page suivante

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Installation de l'équipement # 2 Mesurer le temps de fonctionnement d'un moteur alimenté par deux piles à combustible en série, consommant l'hydrogène produit



Partie 2:

10. Installer l'équipement conformément à l'illustration. S'assurer de ne pas laisser fuir l'hydrogène. Utiliser à cette fin la pince de serrage livrée dans le set.
11. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
12. Mesurer la tension et le courant durant l'expérience. Vous devrez changer la manière dont le multimètre est branché pour effectuer ces mesures. Le multimètre doit être en « parallèle » pour mesurer une tension. Le multimètre devra ensuite être inséré en « série » afin de pouvoir mesurer le courant. Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 pour plus d'informations.
13. Laisser tourner le moteur jusqu'à épuisement de l'hydrogène.
14. Noter l'heure exacte à l'instant où le moteur s'arrête, ou stopper le chronomètre
15. calculer l'écart de temps en seconde entre les étapes (11) , lancement du moteur et (14), arrêt du moteur

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs mesurées dans le tableau ci-dessous. Ils calculent la puissance produite en fonction des valeurs de tension et de courant mesurées aux différentes étapes de l'expérience. Se référer au Manuel d'expérimentation – chapitre 1 – loi d'Ohm)

Partie 2 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 2	90	1.041	0.560	0.580

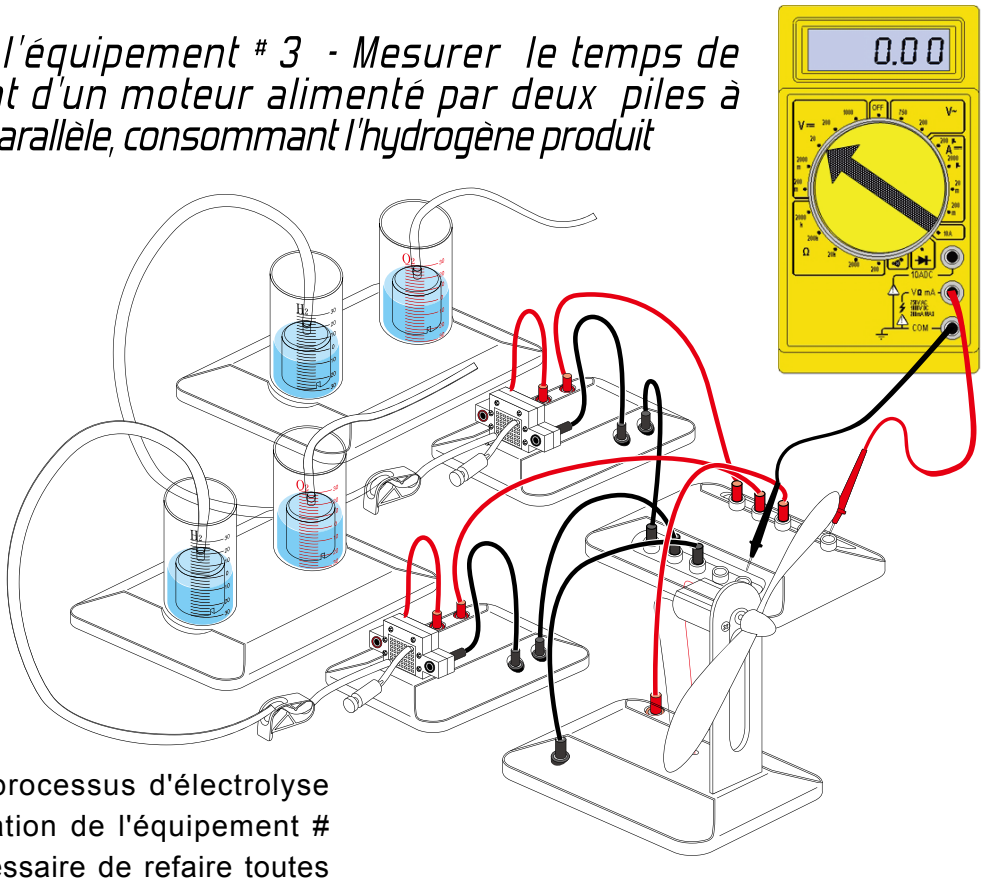
Parties 2 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts

Passer à la Partie 3 de l'expérience à la page suivante

Effectuer l'expérience à l'aide d'un multimètre

Installation de l'équipement # 3 - Mesurer le temps de fonctionnement d'un moteur alimenté par deux piles à combustible en parallèle, consommant l'hydrogène produit



Partie 3:

16. Répéter le processus d'électrolyse décrit par l installation de l'équipement # 1. Il n'est pas nécessaire de refaire toutes les mesures de tension , de courant, de puissance et de temps. Les données provenant de la première Partie de l'expérience sont disponibles.
17. Installer l'équipement conformément à l'illustration # 3. Attention de ne pas laisser fuir l'hydrogène produit. Utiliser à cette fin la pince de serrage livrée avec le set.
18. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
19. Mesurer la tension et le courant durant l'expérience. Vous devrez changer la manière dont le multimètre est branché pour effectuer ces mesures. Le multimètre doit être en « parallèle » pour mesurer une tension. Le multimètre devra ensuite être inséré en « série » afin de pouvoir mesurer le courant. Se référer au Guide d'expérimentation Chapitre 1 pour plus d'informations.
20. Laisser tourner le moteur jusqu'à épuisement de l'hydrogène
21. Noter l'heure exacte à l'instant où le moteur s'arrête, ou stopper le chronomètre
22. calculer l'intervalle de temps en secondes entre l'étape 18 déPartie du moteur et l'étape 21 , arrêt du moteur. Convertir ce temps en secondes

Traitement des données

Les étudiants reportent les valeurs mesurées dans le tableau ci-dessous. Ils calculent la puissance délivrée au moment des différentes mesures de tension et de courant effectuées. Se référer au Manuel d'expérimentation -chapitre 1 – loi d'Ohm)

Partie 3 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3	120	0.718	0.378	0.271

Parties 3 - Vos données

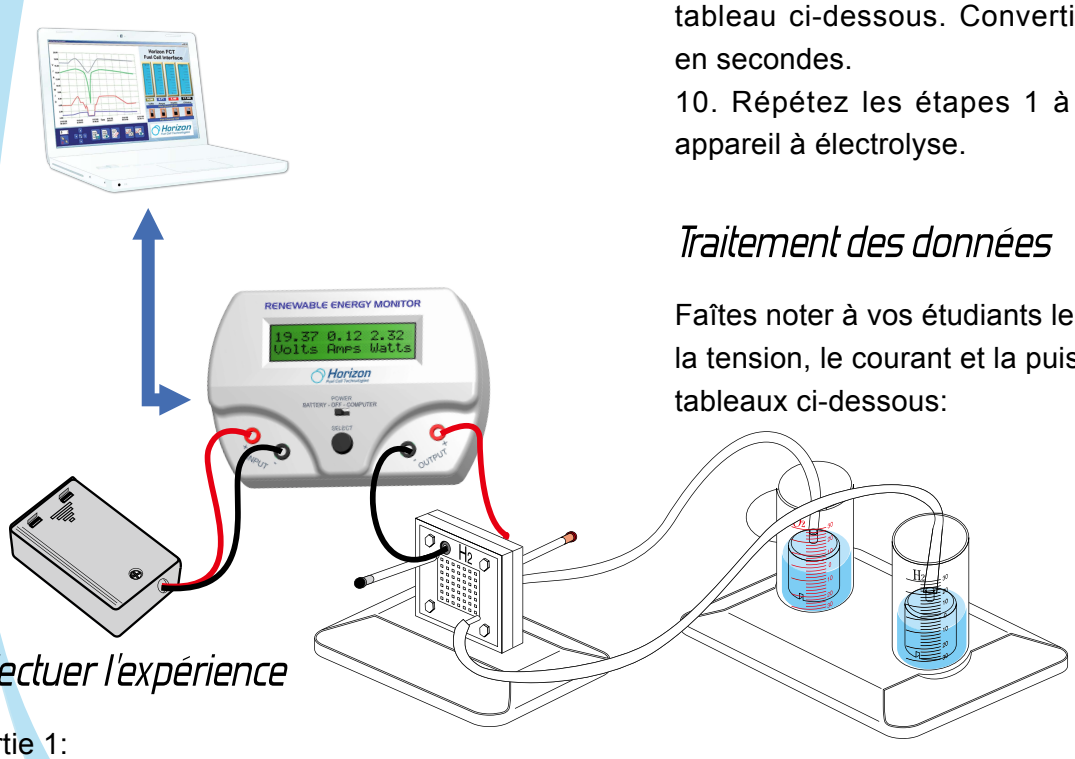
	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3				

L'expérience avec le Moniteur d'Energie Renouvelable

Matériel

2- Piles à combustible
2- Boîtiers de batteries de 3 volts avec interrupteur
1- Moteur électrique et son hélice
1- Montre ou un chronomètre
2- Electrolyseurs
4- Câbles de connexion rouges
4- Câbles de connexion noirs
1- Platine de branchements électriques
2- Socles pour pile à combustible
5- Câbles de connexion rouges
5- Câbles de connexion noirs

Installation de l'équipement #1 Electrolyse de l'eau



Effectuer l'expérience

Partie 1:

1. Positionner l'interrupteur du Moniteur d'Energie Renouvelable sur Battery ou Computer selon votre branchement.
2. Appuyez sur le bouton Select jusqu'à ce qu'apparaissent les Volts – Amps- Watts

3. Installez l'équipement comme indiqué dans l'installation #1
4. Remplissez les deux réservoirs d'hydrogène et d'oxygène avec de l'eau distillée jusqu'à la graduation 0 ml. Veillez à ce que les réservoirs internes soient complètement remplis d'eau.
5. Poussez le commutateur du boîtier de batterie sur ON
6. Notez le temps sur votre montre et commencez à chronométrer combien de temps de temps l'hydrogène met pour remplir le réservoir d'hydrogène au niveau de la graduation 20ml
7. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
8. Poussez le commutateur du boîtier de batterie sur OFF quand le réservoir d'hydrogène atteint la graduation 10ml.
9. Notez le temps mis pour créer ce niveau d'hydrogène et entrez cette donnée dans le tableau ci-dessous. Convertissez ce temps en secondes.
10. Répétez les étapes 1 à 9 avec l'autre appareil à électrolyse.

Traitement des données

Faîtes noter à vos étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous:

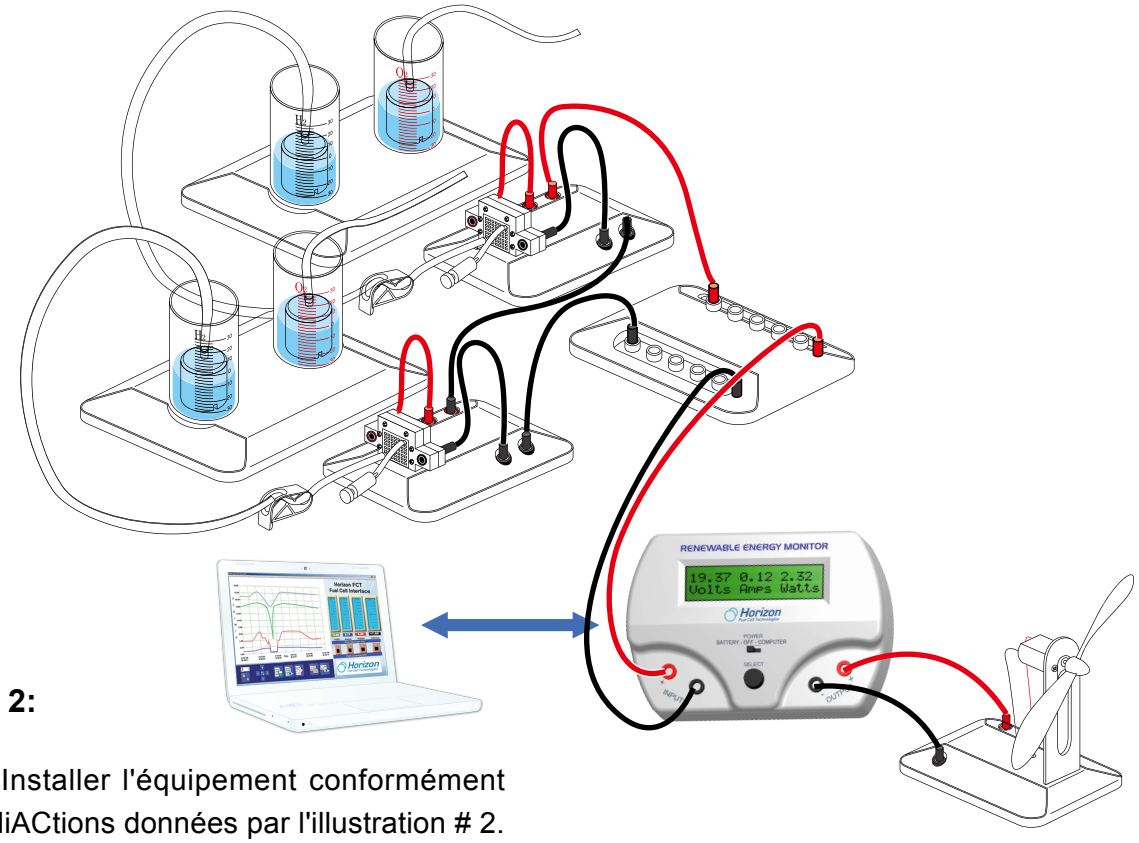
Partie 1 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
EL 1	175	2.227	0.594	1.348
EL 2	194	2.202	0.551	1.113

Partie 1 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
EL 1				
EL 2				

Installation de l'équipement # 2 - Mesurer le temps de fonctionnement d'un moteur alimenté par deux piles à combustible en série, consommant l'hydrogène produit



Partie 2:

11. Installer l'équipement conformément aux indiACtions données par l'illustration # 2. Attention de na pas laisser fuir l'hydrogène stocké dans le réservoir. A cette fin, utiliser la pince de serrage livrée dans le set.
12. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
13. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
14. Laisser tourner le moteur jusqu'à épuisement de l'hydrogène.
15. Noter l'heure exacte à l'instant où le moteur s'arrête, ou stopper le chronomètre
16. Calculer le temps écoulé entre l'étape 10 (lancement du moteur) et l'étape 13 (arrêt du moteur). Convertir cet intervalle en secondes.

Traitement des données

Faîtes noter à vos étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous:

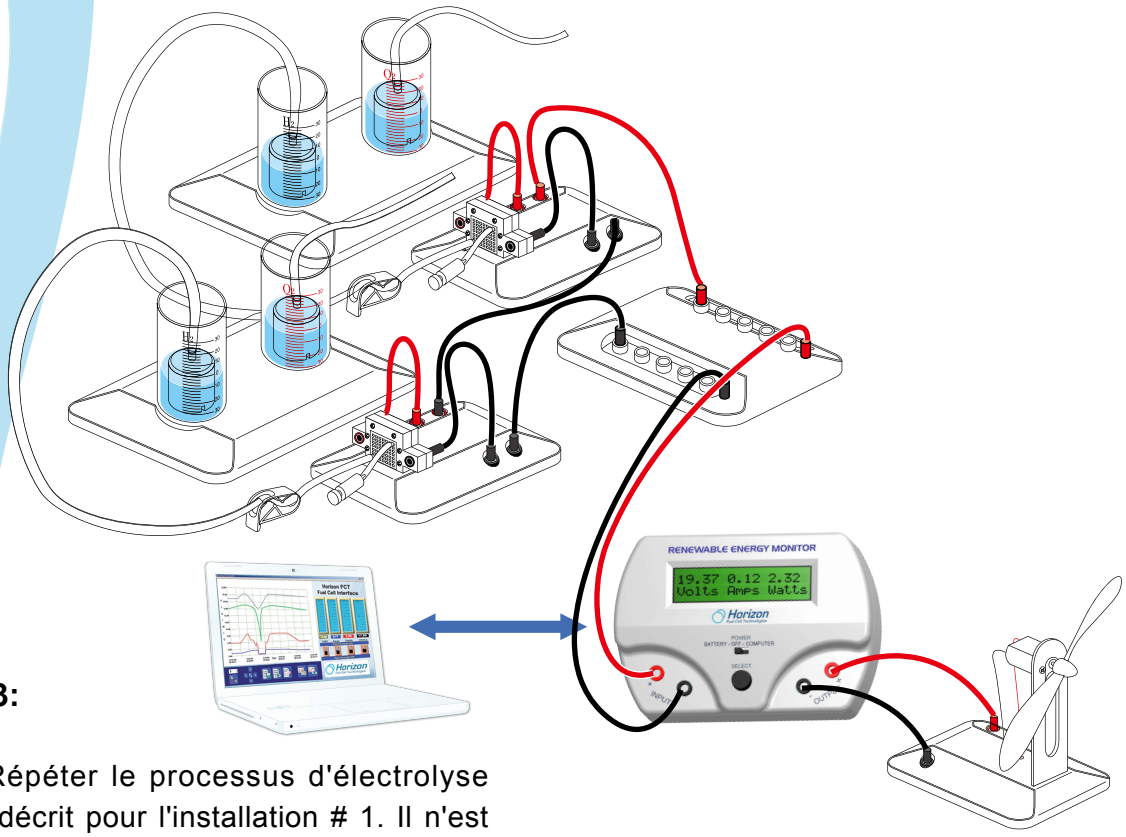
Partie 2 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 2	90	0.041	0.560	0.580

Parties 2 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 2				

Installation de l'équipement # 3 - Mesurer le temps de fonctionnement d'un moteur alimenté par deux piles à combustible en série, consommant l'hydrogène produit



Partie 3:

17. Répéter le processus d'électrolyse tel que décrit pour l'installation # 1. Il n'est pas nécessaire de refaire toutes les mesures de tension, de courant, de puissance et de temps; ces données ont été saisies lors de la première Partie de l'expérience.
18. Installer l'équipement tel que indiqué par l'illustration # 3. Attention de ne pas laisser fuir l'hydrogène du réservoir. A cette fin, utiliser la pince de serrage.
19. Connecter le fil rouge de la pile à combustible vers la platine de branchements et noter l'heure exacte, ou démarrer le chronomètre. Si le moteur ne démarre pas immédiatement, donner une petite impulsion sur l'hélice à l'aide d'un doigt. (attention à ne pas vous blesser avec la pale en mouvement).
20. Enregistrez la tension, le courant et la puissance.
21. Laissez le moteur fonctionner jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'hydrogène.
22. Noter l'heure exacte à l'instant où le moteur s'arrête, ou stopper le chronomètre
23. calculer le temps écoulé entre l'étape 10 (lancement du moteur) et l'étape 13 (arrêt du moteur). Convertir cet intervalle en secondes.

Traitement des données

Faîtes noter à vos étudiants les données pour la tension, le courant et la puissance dans les tableaux ci-dessous:

Partie 3 - Nos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3	120	0.718	0.378	0.271

Parties 3 - Vos données

	Secondes	Volts	Ampères	Watts
Partie 3				

Analyse des résultats

Sur la base des données enregistrées pour la Partie 1, calculer la quantité d'énergie consommée pour produire l'hydrogène, ceci pour chacune des piles à combustible réversibles (électrolyseur).
L'énergie se calcule en multipliant la puissance par le temps. Par exemple, en utilisant les valeurs que nous avons recueillies lorsque nous avons effectué l'expérience, dans la Partie 1, voici les résultats :

Energie consommée électrolyseur # 1

E1 = Puissance * Temps
E1 = 1.348 x 175
E1 = 235.9 watt-seconds or Joules

Energie consommée électrolyseur # 2

E2 = Puissance * Temps
E2 = 1.113 x 194
E2 = 215.9 watt-seconds or Joules

Maintenant, comparons l'énergie consommée (intrant énergétique) et l'énergie produite. (Extrant énergétique).

Sur la base des données enregistrées lors des Parties 2 & 3, nous pouvons calculer l'énergie produite par les piles à combustible pour alimenter le moteur électrique. Par exemple, si nous utilisons les valeurs que nous avons mesurées lorsque nous avons effectué l'expérience, voici les résultats obtenus :

Energie produite par les deux piles à combustible en série :

Es = Puissance * Temps
Es = 0.580 x 90
Es= 52.2 watt-seconds or Joules

Energie produite par deux piles à combustible en parallèle :

Ep = Puissance * Temps
Ep = .271 x 120
Ep = 32.52 watt-seconds or Joules

Si vous avez utilisé l'accessoire de mesures pour effectuer l'expérience, vous avez probablement obtenu des graphiques similaires à ceux de la figure 1 et de la figure 2 , correspondant aux montage en série puis en parallèle des deux piles à combustible.

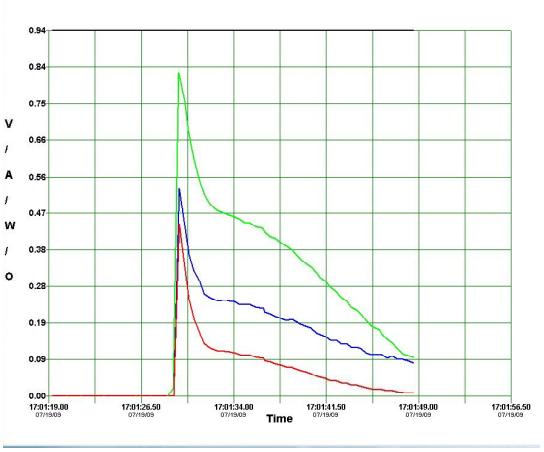


Figure 1 – Le moteur électrique alimenté par les piles à combustible en série.

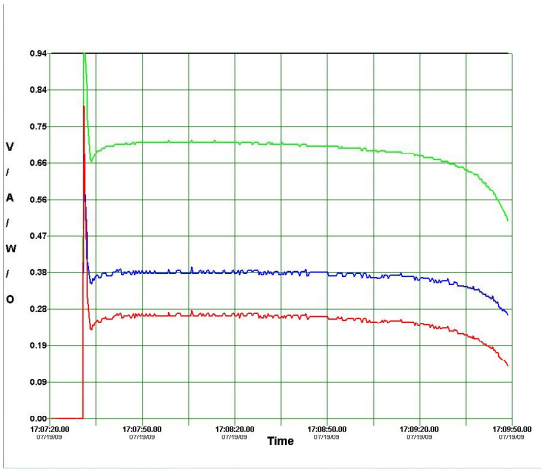


Figure 2 – Le moteur électrique alimenté par les piles à combustible en parallèle.

On observe que les piles à combustible connectées en série ont produit plus de puissance mais qu'elles ont épuisé l'hydrogène plus rapidement que les mêmes piles à combustible connectées en parallèle. Les piles à combustible en série ont produit une tension plus élevée, ce qui a permis au moteur électrique de tourner à un régime plus élevé (en tours/minute). Cependant, le montage en parallèle des piles à combustible a répartie l'énergie sur une plus longue durée. Bien que nos chiffres montrent que les piles à combustible en série ont produit plus d'énergie, celle-ci a été consommée plus rapidement par le moteur. Lorsque nous travaillons sur la base de petites valeurs et sur de courtes durées, les variations dans les résultats peuvent être importantes en proportion des valeurs mesurées. Le plus important lors de ces expériences est de comprendre les phénomènes qui se produisent et de pouvoir expliquer les résultats.

Hypothèses

Les étudiants discutent les questions suivantes
Maintenant que vous avez effectué des branchements de piles à combustible en série et en parallèle, vous avez compris comment les piles à combustible sont construites. Chacune des petites piles que nous avons utilisé comporte une seule cellule. Les « stacks » ou « empilages » de piles à combustible industriels ressemblent donc à l'assemblage de multiples piles à combustible telles que celles utilisées ici. Elles sont donc un peu comme des batteries conventionnelles qui seraient connectées ensemble, en série ou/et en parallèle pour obtenir la tension et le courant désirés. Leur nom de « stack » soit (empilage) provient donc de la manière don elles sont construites, par assemblage de cellules uniques maintenues ensemble, un peu comme les différentes couches d'un sandwich.
Si vous désiriez ajouter de la puissance à votre bicyclette afin de monter les collines plus facilement ou simplement de moins avoir à pédales à plat ? Vous pourriez installer un moteur électrique sur votre vélo et l'alimenter par une pile à combustible.
La question est : comment vous y prendriez – vous ?
Quelle serait la puissance du moteur ? Et de la pile à combustible ?

La réponse dépend du genre de bicyclette que vous voulez construire et le genre de parcours que cous désirez effectuer. Effectuez quelques recherches sur ce thème, et décrivez votre projet.

Références vers le Manuel d'enseignement des énergies renouvelables

Les étudiants consultent l'information contenue dans les pages suivantes du manuel afin de se préparer à effectuer quelques recherches complémentaires.
Page 79 – Fonctionnement des piles à combustible
Page 81 – Structure et construction des piles à combustible

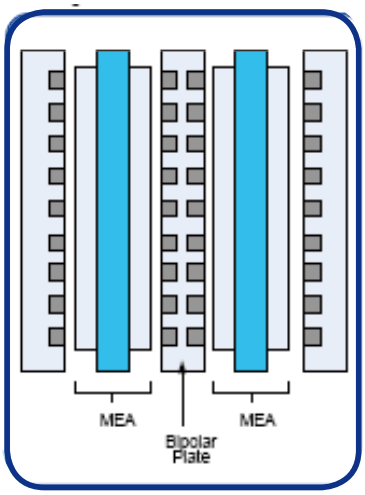
Liens internet

Pour en savoir plus concernant les piles à combustible, visiter ces sites :
http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell
http://auto.howstuffworks.com/fuel-efficiency/alternative-fuels/fuel-cell.htm

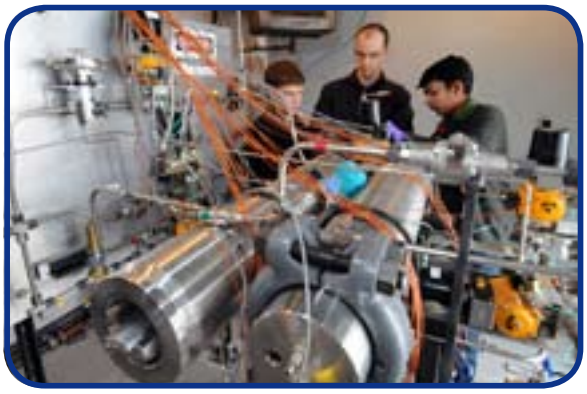
Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches sur le thème suivant :
piles à combustible
fuel cell stacks

Extraits du Manuel d'enseignement des énergies renouvelables – Page 81
« Dans la structure bipolaire d'une pile à combustible, se trouvent un certain nombre de cellules connectées en série. Ainsi, la cathode d'une cellule est connectée à l'anode de la cellule suivante. Le MEA, les joints, les plaques bipolaires, et les plaques terminales représentent les différentes couches d'une pile à combustible. L'une des configurations les plus communes des piles à combustible est représentée ici.
Figure (structure fuel cell) (MEA Plaque bipolaire MEA)
Chaque MEA est séparée par une plaque comportant des ACnaux de flux qui répartiessent le combustible et l'oxydant entre les multiples cellules individuelles. La majorité des piles à combustible sont construites de cette manière, quelle que soit leur taille, ou le type de combustible utilisé. La puissance d'une pile à combustible dépend de l'intensité du flux des réactants (combustible et oxydant). Une répartietion inégale des réactants induira un rendement aléatoire des différentes cellules. Les gaz réactants doivent être acheminés vers les cellules par des conduits uniques.



Expérience ultra cool
L'hydrogène comme source d'énergie pour votre école



L'hydrogène comme source d'énergie pour votre école

Contenu de la leçon

Cette leçon traite d'un scénario hypothétique selon lequel les étudiants se préparent à utiliser l'hydrogène comme source d'énergie pour leur école. Cet hydrogène serait produit par une installation solaire photovoltaïque, ou/et par des éoliennes. Une pile à combustible serait utilisée pour produire l'électricité à partir de l'hydrogène stocké.

Les étudiants se feront une idée de la quantité d'énergie électrique nécessaire pour illuminer les salles de classe, ainsi que pour alimenter les différents appareils électriques utilisés dans le bâtiment scolaire. Il sera donc nécessaire d'estimer la quantité d'hydrogène qui devra être stocké pour les jours sans soleil ou sans vent. Les étudiants évalueront aussi la quantité de polluants tels que : NOX, SOX, CO2, qu'une telle solution évitera d'envoyer dans l'atmosphère, puisque en utilisant strictement de l'hydrogène produit par de l'électricité d'origine renouvelable, leur école bénéficierait d'une énergie « zéro émission »; leur école ne serait plus alimentée par le réseau de distribution d'électricité.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants feront l'inventaire des appareils électriques de l'école afin de déterminer leur consommation d'énergie
- Les étudiants calculeront la quantité de polluants qu'une telle solution éviterait
- Les étudiants effectueront des recherches sur internet concernant ces thèmes

Résultats attendus

Les étudiants comprendront que le stockage d'hydrogène peut remplacer l'électricité en provenance du réseau de distribution.

Les étudiants observent que :

1. Une quantité appropriée d'hydrogène stocké peut alimenter leur école en énergie électrique pour l'éclairage, le chauffage, pour alimenter tous les appareils électriques, sans générer de pollution
2. L'utilisation d'hydrogène pour produire de l'énergie électrique réduit la pollution et diminue le réchauffement climatique.
3. Une certaine répartietion entre le stockage de l'hydrogène et l'électricité en provenance du réseau de distribution est plus facile à réaliser qu'une solution « tout hydrogène » qui serait complètement autonome.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants font l'inventaire des équipements consommateurs d'énergie de leur classe, lumières, chauffage, air conditionné, ordinateurs, et tout autre appareil. Cet inventaire peut également être effectué pour tout le bâtiment scolaire. Les étudiants déterminent ensuite la quantité d'hydrogène nécessaire pour assurer une alimentation suffisante en électricité . Ils calculent ensuite la quantité de polluants (CO2, NOX, SOX) qui aura été épargnée.

Liste d'actions

Déterminer la Partie de l'école que les étudiants devront évaluer selon les éléments suivants :

1. Inventaire des appareils et consommation en énergie
2. Quantité d'hydrogène à stocker
3. Quantité de polluants épargnés

Inventaire des appareils (energy audit)

Les étudiants font une estimation raisonnable de la quantité d'énergie utilisée par les appareils suivants :

_____watts	Eclairage
_____watt	Air conditionné / ventilation
_____watts	Chauffage
_____watts	Ordinateurs
_____watts	Télévision, sono, etc
_____watts	_____
_____watts	_____
_____watts	_____
_____watts	Total_____

Besoins en hydrogène

Chaque réservoir d'hydrogène envisagé pour l'école contient de l'hydrogène en quantité suffisante pour produire 500 watts durant 8 heures grâce à une pile à combustible (journée d'école normale)

Les étudiants calculent le nombre de réservoirs « types » nécessaires pour produire cette quantité d'énergie électrique. Nous considérons que chaque réservoir alimentera une pile à combustible.
Ils expliquent comment ils calculent le nombre de réservoirs.

Rappel concernant les polluants.

Une grande Partie de la pollution de l'air provient de la consommation des combustibles fossiles, tels que le charbon, le pétrole, le gaz naturel, etc, pour produire de l'énergie électrique. Les polluants principaux sont :
CO2 – Dioxyde de carbone
CH4 – Méthane
N2O – Oxyde d'azote
SF6 – Hexafluorure de soufre
Bien que cette liste ne comprenne pas tous les gaz à « effet de serre », elle servira de base aux étudiants pour effectuer leurs recherches concernant la pollution. L'effet de ces polluants et d'autres gaz similaires, et maintenant appelé « bilan de carbone » ou « empreinte de carbone ». De tels bilans sont définis pour une ville, pour un bâtiment, un Etat, une usine, etc

Pollution évitée

Les étudiants utilisent les liens internet ci-dessous pour calculer la quantité de polluants épargnés par l'utilisation d'électricité d'origine renouvelable (photovoltaïque et éolienne), au lieu d'utiliser de l'électricité en provenance du réseau. La plupart de ces logiciels sont destinés à l'utilisation domestique, alors n'hésitez pas à remplacer les nombres de personnes et les surfaces habitables par les chiffres qui correspondent à votre école.
http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx
http://www.climatecrisis.net/takeaction/carboncalculator/

Les étudiants calculent la pollution évitée en remplaçant l'électricité du réseau par de l'hydrogène produit par de l'électricité d'origine renouvelable.

Liens internet

Pour connaître la consommation électrique de vos appareils ménagers :

http://michaelbluejay.com/electricity/howmuch.html
http://www1.eere.energy.gov/consumer/tips/appliances.html
http://www.windsolarenergy.org/Solar-windpower-just-one-appliance.htm
http://www.ouc.com/power/usage.htm
http://www.ourplanet.org.uk/about-solarenergy.asp

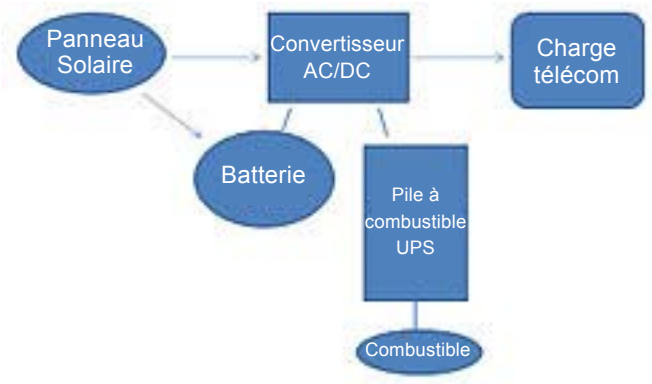
Les avantages des UPS de Horizon Fuel Cell

- Mise en route instantanée en cas de panne du réseau
- Plus grande autonomie et moindre encombrement
- Meilleure fiabilité que le réseau
- Coût d'utilisation très faible, très peu d'entretien nécessaire
- Boîtier étanche, robuste et anti-corrosion
- Contrôle à distance
- Peur être utilisé en conjonction avec des panneaux solaires photovoltaïques

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches concernant les thèmes suivants :
piles à combustible, fuel cells, UPS – Système d'alimentation sans coupure.

Un UPS (Uninterruptable Power Supply) basé sur une pile à combustible est un ensemble comprenant un réservoir d'hydrogène, une pile à combustible et éventuellement un onduleur, qui assurent l'approvisionnement en électricité lorsque le réseau est coupé (Pannes, orage, etc)



Expérience ultra cool
Alimenter votre école avec de l'électricité d'origine solaire photovoltaïque

Photo – Faith ACthcart/ The Oregonian

Contenu de la leçon

Cette leçon considère un scénario hypothétique, selon lequel les étudiants élaborent une installation solaire photovoltaïque permettant d'alimenter leur école en énergie électrique d'origine renouvelable.
Elle permet aux étudiants de se rendre compte de la quantité d'énergie nécessaire pour alimenter l'éclairage de leur école, ainsi que l'énergie consommée par les différents appareils électriques installés dans le bâtiment scolaire. Cette évaluation des besoins leur permettra de dimensionner l'installation solaire photovoltaïque envisagée. Un calcul supplémentaire sera effectué, permettant de faire une évaluation de la quantité de polluants tels que (NOX, SOX, CO2) serait ainsi épargnée à notre planète, par rapport à une installation qui consomme de l'énergie en provenance du réseau de distribution électrique.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants effectuent l'inventaire des appareils électriques de leur classe, ou de l'école. Ils calculent les besoins correspondants en énergie électrique.
- Les étudiants calculent la quantité de polluants correspondant à une telle consommation d'énergie électrique, lorsqu'elle est produite de manière conventionnelle.
- Les étudiants effectuent des recherches complémentaires sur internet.

Résultats attendus

Les étudiants se rendent compte que l'énergie électrique d'origine solaire est à même de remplacer l'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.
Les étudiants découvrent que :

1. Une installation solaire photovoltaïque bien dimensionnée peut subvenir aux besoins en énergie électrique de leur école, sans produire de pollution.
2. L'utilisation de panneaux solaires pour la production d'électricité permet de réduire la pollution et de ralentir le réchauffement global.
3. Un solution mixte, comme source d'énergie, répartie entre le solaire photovoltaïque et le réseau de distribution est plus facile à réaliser qu'une solution totalement autonome.

Activités des étudiants

Les étudiants effectuent l'inventaire des appareils électriques et autres dispositifs consommateurs d'électricité de leur classe, ou de leur école. Ils calculent ensuite la quantité d'énergie nécessaire pour alimenter ces appareils.
Les étudiants calculent ensuite de nombre panneaux PV, et la dimension de l'installation requise pour répondre aux besoins en énergie électrique de leur école. Ils calculent ensuite le volume de polluants tels que CO2,NOX,SOX, évité.

Liste d'activités

Choisissez les Parties du bâtiment scolaire dont les étudiants feront l'analyse:

1. Inventaire des appareils et dispositifs consommateurs d'électricité
2. Dimensionnement de l'installation solaire photovoltaïque
3. Polluants non émis

Inventaire des appareils (energy audit)

Les étudiants font une estimation raisonnable de la quantité d'énergie utilisée par les appareils suivants :

_____watts	Eclairage
_____watt	Air conditionné / ventilation
_____watts	Chauffage
_____watts	Ordinateurs
_____watts	Télévision, sono, etc
_____watts	_____
_____watts	_____
_____watts	_____
_____watts	Total_____

Dimensionnement de l'installation solaire PV

Chacun des panneaux solaires du modèle que nous avons retenu produit 1000 Watts en plein soleil et 300 Watts, lorsque le ciel est couvert.

Les étudiants calculent le nombre de panneaux nécessaires pour produire cette quantité d'énergie.

Ils prennent en compte les jours où le ciel est couvert. Ils expliquent comment ils sont parvenus à déterminer ce nombre de panneaux. Pour obtenir un résultat plus proche de la réalité, ils peuvent se visiter un site internet (voir références) permettant de faire une estimation de la production d'électricité photovoltaïque, selon l'endroit où se trouve l'école, En effet, ces logiciels tiennent compte de la latitude, de l'orientation des panneaux solaires, de leur inclinaison et des statistiques météorologiques de l'endroit pour calculer combien de watts seront produits, en fonction du nombre de watts de panneaux installés.

Rappel concernant les polluants

La consommation de combustibles fossiles pour produire de l'électricité génère des gaz à efffet de serre tels que :

CO2 Dioxyde de carbone
CH4 Méthane
N2O Oxyde d'azote
SF6 Hexafluorure de soufre

Bien que cette liste ne comprenne pas tous les gaz à « effet de serre », elle servira de base aux étudiants pour effectuer leurs recherches concernant la pollution. L'effet de ces polluants et d'autres gaz similaires, et maintenant appelé « bilan de carbone » ou « empreinte de carbone ». De tels bilans sont définis pour une ville, pour un bâtiment, un Etat, une usine, etc

Pollution évitée

Les étudiants utilisent les liens internet ci-dessous pour calculer la quantité de polluants épargnés par l'utilisation d'électricité d'origine renouvelable (photovoltaïque et éolienne), au lieu d'utiliser de l'électricité en provenance du réseau. La plupart de ces logiciels sont destinés à l'utilisation domestique, alors n'hésitez pas à remplacer les nombres de personnes et les surfaces habitables par les chiffres qui correspondent à votre école.

Http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx

Http://www.climatecrisis.net/takeaction/carboncalculator

Les étudiants calculent le volume de pollution évitée par l'adoption d'énergie photovoltaïque en remplacement de l'énergie électrique provenant du réseau.

Liens internet

Pour évaluer la consommation d'énergie de différents appareils électriques, visiter les sites suivants :
http://michaelbluejay.com/electricity/howmuch.html

http://www1.eere.energy.gov/consumer/tips/appliances.html

http://www.windsolarenergy.org/Solar-wind-power-just-one-appliance.htm

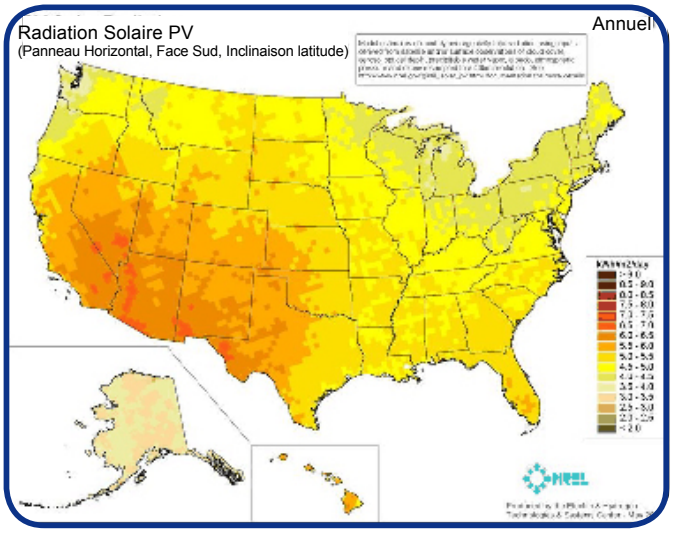
http://www.ouc.com/power/usage.htm

http://www.ourplanet.org.uk/about-solar-energy.asp

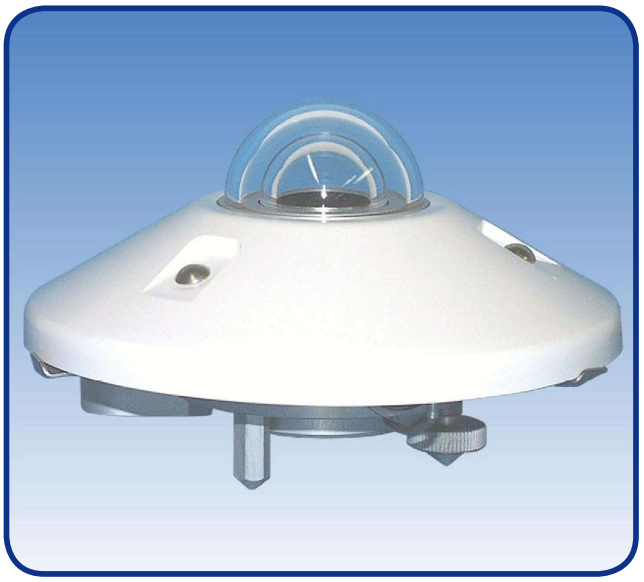
Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants font des recherches sur les thèmes suivants :

solar maps – cartes solaires - statistiques d'ensoleillement



http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/redbook/atlas/



Energie solaire : Comment mesurer l'énergie du rayonnement solaire à l'aide d'un pyranomètre

http://en.wikipedia.org/wiki/Pyranometer

Expérience ultra cool
Alimenter votre école en énergie à l'aide du vent

Contenu de la leçon

Cette leçon traite d'un projet hypothétique selon lequel les étudiants prévoient de remplacer l'énergie électrique provenant du réseau de distribution par de l'énergie d'origine éolienne pour alimenter leur école en électricité.
Elle permet aux étudiants de se rendre compte de la quantité d'énergie nécessaire pour alimenter l'éclairage de leur école, ainsi que l'énergie consommée par les différents appareils électriques installés dans le bâtiment scolaire. Cette évaluation des besoins leur permettra de dimensionner l'installation solaire photovoltaïque envisagée. Un calcul supplémentaire sera effectué, permettant de faire une évaluation de la quantité de polluants tels que (NOX, SOX, CO2) serait ainsi épargnée à notre planète, par rapport à une installation qui consomme de l'énergie en provenance du réseau de distribution électrique.

Objectifs de la leçon

- Les étudiants effectuent l'inventaire des appareils électriques de leur classe, ou de l'école. Ils calculent les besoins correspondants en énergie électrique.
- Les étudiants calculent la quantité de polluants correspondant à une telle consommation d'énergie électrique, lorsqu'elle est produite de manière conventionnelle.
- Les étudiants effectuent des recherches complémentaires sur internet.

Résultats attendus

Les étudiants se rendent compte que l'énergie éolienne est à même de remplacer l'énergie électrique fournie par le réseau de distribution.
Les étudiants découvrent que :

1. Une installation d'éoliennes bien dimensionnée peut subvenir aux besoins en énergie électrique de leur école, sans produire de pollution.
2. L'utilisation d'éoliennes pour la production d'électricité permet de réduire la pollution et de ralentir le réchauffement global.
3. Un solution mixte, comme source d'énergie, réPartie entre l'éolien et le réseau de distribution est plus facile à réaliser qu'une solution totalement autonome.

Activités pratiques des étudiants

Les étudiants effectuent l'inventaire des appareils électriques et autres dispositifs consommateurs d'électricité de leur classe, ou de leur école. Ils calculent ensuite la quantité d'énergie nécessaire pour alimenter ces appareils.
Les étudiants calculent ensuite de nombre d'éoliennes requis pour répondre aux besoins en énergie électrique de leur école. Ils calculent ensuite le volume de polluants tels que CO2,NOX,SOX, évité.

Liste des tâches

Décider si vous allez alimenter l'ensemble du bâtiment scolaire ou simplement une Partie, dans le ACdre de cette expérience.

1. Inventaire des appareils et dispositifs consommateurs d'électricité
2. Dimensionnement de l'installation éolienne
3. Polluants non émis

Inventaire des appareils électriques

Les étudiants font une estimation raisonnable de la quantité d'énergie utilisée par les appareils suivants :

_____watts	Eclairage
_____watt	Air conditionné / ventilation
_____watts	Chauffage
_____watts	Ordinateurs
_____watts	Télévision, sono, etc
_____watts	_____
_____watts	_____
_____watts	_____
_____watts	Total_____

Dimensionnement de l'installation éolienne

Le type d'éolienne que nous avons à disposition pour cette expérience produit une puissance de 1000 watts par vent fort et 300 watts par vent faible.

Les étudiants calculent de nombre d'éoliennes nécessaires pour produire la puissance requise. Ils savent que le vent ne souffle pas toujours et qu'ils doivent tenir compte de ce facteur dans leur étude. Ils expliquent ensuite comment ils ont déterminé le nombre d'éoliennes. Ils considèrent également les différences de vents qui règnent dans leur région en fonction des saisons, etc. Ils visitent des sites internet qui indiquent les valeurs de vent en fonction des saisons pour diférentes régions (voir liens internet).

Rappel concernant les polluants

La consommation de combustibles fossiles pour produire de l'électricité génère des gaz à efffet de serre tels que :

CO2 Dioxyde de carbone

CH4 Méthane

N2O Oxyde d'azote

SF6 Hexafluorure de soufre

Bien que cette liste ne comprenne pas tous les gaz à « effet de serre », elle servira de base aux étudiants pour effectuer leurs recherches concernant la pollution. L'effet de ces polluants et d'autres gaz similaires, et maintenant appelé « bilan de carbone » ou « empreinte de carbone ». De tels bilans sont définis pour une ville, pour un bâtiment, un Etat, une usine, etc

Pollution évitée

Les étudiants utilisent les liens internet ci-dessous pour calculer la quantité de polluants épargnés par l'utilisation d'électricité d'origine renouvelable (photovoltaïque et éolienne), au lieu d'utiliser de l'électricité en provenance du réseau. La plupart de ces logiciels sont destinés à l'utilisation domestique, alors n'hésitez pas à remplacer les nombres de personnes et les surfaces habitables par les chiffres qui correspondent à votre école.

http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx

http://www.climatecrisis.net/takeaction/carboncalculator/

Les étudiants calculent le volume de pollution évitée par l'adoption d'énergie éolienne en remplacement de l'énergie électrique provenant du réseau.

Liens internet

Pour connaitre l'énergie électrique consommée par divers appareils, visiter les sites :
http://michaelbluejay.com/electricity/howmuch.html

http://www1.eere.energy.gov/consumer/tips/appliances.html

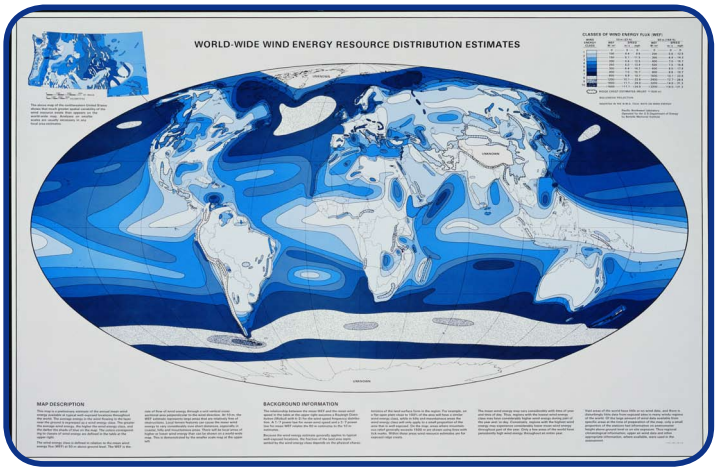
http://www.windsolarenergy.org/Solar-wind-power-just-one-appliance.htm

http://www.ouc.com/power/usage.htm

http://www.ourplanet.org.uk/about-solar-energy.asp

Effectuer des recherches complémentaires

Les étudiants effectuent des recherches concernant les thèmes suivants :
wind maps – carte de répartietion des vents – statistiques des vents -
Trouvez le régime et la force des vents dans votre région.



http://www.geni.org/globalenergy/library/renewable-energy-resources/wind.shtml

Instruments pour la mesure de la vitesse et de la direction des ventsdirection.

http://www.weatherinstruments.us/