

Quelques maquettes sur le thème des énergies renouvelables

Le contexte énergétique

La population mondiale était de 2,5 milliards d'habitants en 1950 et de 6,2 milliards en 2002. Elle devrait, selon certaines estimations, s'établir en 2050 dans une fourchette de 8 à 9 milliards ce qui représente une augmentation de près de 50% par rapport à aujourd'hui.

Ces hommes et femmes, sont donc toujours plus nombreux à se partager les ressources énergétiques.

De plus, force est de constater que nos modes de vie imposent toujours un usage soutenu de l'énergie. Cette énergie est nécessaire à l'activité humaine pour divers usages : l'habitat, les transports et l'industrie.

La demande en électricité, par exemple, est en augmentation.

Aussi, l'énergie est actuellement au centre de nos préoccupations, elle est d'ailleurs sujet à débat parmi nos représentants politiques.

Suite au premier choc pétrolier de 1973-1974, une politique énergétique a été mise en place. La France est à nouveau à un carrefour : il est nécessaire de prendre des décisions. Une telle politique ne peut être menée qu'en ayant le souci de respecter au mieux les objectifs suivants :

- notre projet de civilisation
- la sécurité et la continuité
- le respect des contraintes environnementales

L'énergie est la clé de voûte de notre projet de civilisation. Nos entreprises, tant publiques que privées, en concurrence désormais sur la scène européenne voire mondiale ont, elles aussi, des objectifs de rentabilité auquel s'oppose bien évidemment le coût de l'énergie. Dans un tel contexte économique, toute offre d'énergie se doit d'être compétitive.

Le principe de précaution impose de plus d'écarter toute forme d'énergie mettant en jeu la sécurité des individus (c'est d'ailleurs un sujet qui fait là aussi débat dans le domaine de l'énergie nucléaire). Il faut en outre assurer aux entreprises et aux individus une certaine continuité à long terme de la fourniture d'énergie pour tous les usages.

D'un autre côté, on observe dans notre société une certaine prise de conscience de la nécessité de redonner à nos générations futures un environnement qui n'a pas été spolié, un environnement qui n'a pas été souillé non plus.

Le respect de ces trois objectifs est la condition sine qua non à un projet de civilisation durable et de développement durable. Une des voies pour mener à bien ce projet est l'utilisation des énergies renouvelables.

Les énergies renouvelables

Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'homme. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les astres, principalement le Soleil (rayonnement), mais aussi la Lune (marée) et la Terre (énergie géothermique).

Soulignons que le caractère renouvelable d'une énergie dépend non seulement de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais parfois aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée. Par exemple, le bois n'est une énergie renouvelable que tant qu'on en consomme moins qu'il n'en

pousse. Le comportement des consommateurs reste donc un facteur important.

L'éolien

L'énergie éolienne est l'énergie du vent et plus spécifiquement, l'énergie tirée du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur ad hoc comme une éolienne ou un moulin à vent.

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable, elle tire son nom d'Éole (en grec ancien Αἴολος / Aiolos), le nom donné au dieu du vent dans la Grèce antique.

L'énergie éolienne peut être utilisée de deux manières :

- Conservation de l'énergie mécanique : le vent est utilisé pour faire avancer un véhicule (navire à voile ou char à voile), pour pomper de l'eau (moulins de Majorque, éoliennes de pompage pour abreuver le bétail) ou pour faire tourner la meule d'un moulin.
- Transformation en énergie électrique : l'éolienne est accouplée à un générateur électrique pour fabriquer du courant continu ou alternatif, le générateur est relié à un réseau électrique ou bien il fonctionne de manière autonome avec un générateur d'appoint (par exemple un groupe électrogène) et/ou un parc de batteries ou un autre dispositif de stockage d'énergie.

Le solaire

L'énergie solaire est l'énergie que dispense le soleil dans son rayonnement, direct ou diffus. Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau et du vent. Le règne végétal, dont dépend le règne animal, l'utilise également en la transformant en énergie chimique via la photosynthèse.

Grâce à divers procédés elle peut être transformée en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, notamment en chaleur, en électricité ou en biomasse.

Par extension, l'expression « énergie solaire » est souvent employée pour désigner l'énergie électrique ou l'énergie thermique obtenue à partir de cette dernière.

Parmi les techniques pour capter l'énergie solaire, on peut distinguer notamment le solaire photovoltaïque et le solaire thermique.

Le solaire thermique

A l'échelle d'une habitation individuelle ou collective, il est possible d'installer un chauffe-eau solaire, ou un chauffage solaire : il s'agit de capteurs vitrés installés le plus souvent sur la toiture, dans lesquels circule un liquide caloporteur réchauffé par le rayonnement solaire, qui transmet ensuite la chaleur à un chauffe-eau et éventuellement à un plancher chauffant basse température.

Pour les habitations qui utilisent le solaire thermique on note que ce procédé permet de couvrir environ 50 % en moyenne en France des besoins de leurs habitants en eau chaude, et d'apporter éventuellement un complément de chauffage.

Le chauffe-eau solaire est un dispositif de chauffage de l'eau sanitaire, qui peut remplacer ou compléter le cumulus électrique et les autres systèmes d'énergie pour l'eau chaude sanitaire (gaz, fuel, propane, GPL...) afin de procurer aux foyers une économie importante sur leur facture énergétique concernant leurs besoins en eau chaude sanitaire.

En France, le « Plan Soleil », lancé en 2000 par l'ADEME¹ pour les chauffe-eau solaires et la production de chaleur, incite les particuliers à s'équiper en solaire grâce à des aides de l'État.

Le solaire photovoltaïque

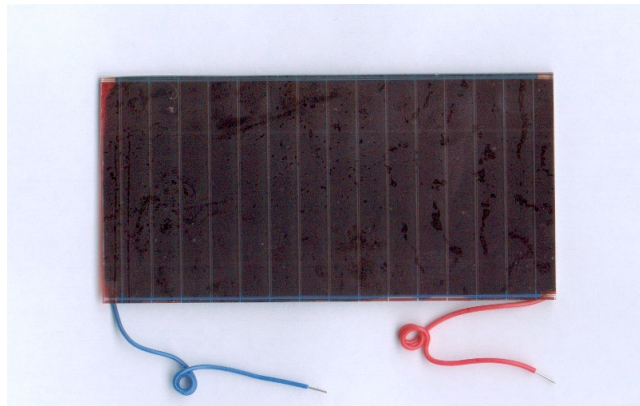
L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'énergie électrique produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellules sont reliées entre-

¹ Agence De l'Environnement Et de la Maîtrise de l'Énergie <http://www.ademe.fr>

elles sur un module solaire photovoltaïque. Plusieurs modules sont regroupés dans une centrale solaire photovoltaïque, qui alimente un réseau de distribution électrique. Le terme photovoltaïque peut désigner soit le phénomène physique - l'effet photovoltaïque - ou la technologie associée.

L'effet photovoltaïque a été découvert par Antoine Becquerel en 1839, 57 ans avant que son petit-fils Henri Becquerel ne découvre la radioactivité. L'effet photovoltaïque est obtenu par absorption des photons dans un matériau semi-conducteur qui génère alors une tension électrique.

Les cellules photovoltaïques produisent du courant continu à partir du rayonnement solaire, qui peut être utilisé pour alimenter un appareil ou recharger une batterie. De nombreuses calculatrices de poche utilisent l'énergie photovoltaïque.



Quand l'énergie nécessaire dépasse la quantité fournie par une seule cellule, les cellules sont regroupées pour former un module photovoltaïque, parfois désigné de manière ambiguë sous le terme de panneau solaire. De tels modules ont été dans un premier temps utilisés pour alimenter des satellites en orbite, puis des équipements électriques dans des sites isolés, enfin, la baisse des coûts de production élargit le champ d'application de l'énergie photovoltaïque à la production d'électricité sur les réseaux électriques.

Les bioénergies et la biomasse

En écologie, la biomasse est la quantité totale de matière (masse) de toutes les espèces vivantes présentes dans un milieu naturel donné.

Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie. Ces matières organiques qui proviennent des plantes contribuent à une forme de stockage de l'énergie solaire, captée et utilisée par les plantes grâce à la chlorophylle. Elles peuvent être utilisées soit directement (bois énergie) soit après une méthanisation de la matière organique (biogaz) ou de nouvelles transformations chimiques (biocarburant). Elles peuvent aussi être utilisées pour le compostage.

La biomasse est une énergie renouvelable tant que sa consommation ne dépasse pas l'accroissement biologique. Certaines filières de la biomasse sont encore peu structurées.

La bioénergie résulte du processus de valorisation énergétique de la biomasse, lorsque celle-ci est utilisée comme combustible pour produire de la chaleur ou de l'électricité.

Le bois

Le bois constitue une énergie renouvelable pourvu que sa culture (on parle de sylviculture) provienne d'une forêt gérée en ce sens.

On utilise le bois comme source de bioénergie sous différentes formes :

- les bûches

- les granulés de bois ou pellets
- les briques de bois reconstituées
- les plaquettes forestières

Le biogaz

Le biogaz est le gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène.

Cette fermentation appelée aussi méthanisation se produit naturellement (dans les marais) ou spontanément dans les décharges contenant des déchets organiques, mais on peut aussi la provoquer artificiellement dans des digesteurs (pour traiter des boues d'épuration, des déchets organiques industriels ou agricoles, etc.).

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane (typiquement 50 à 70%) et de gaz carbonique, avec des quantités variables d'eau, d'hydrogène sulfuré (H_2S). On peut y trouver d'autres composés provenant de contaminations, en particulier dans les biogaz de décharges.

L'énergie du biogaz provient uniquement du méthane : le biogaz est ainsi la forme renouvelable de l'énergie fossile très courante qu'est le gaz naturel qui lui contient essentiellement du méthane mais aussi du butane, du propane et d'autres éléments. On peut aussi utiliser le terme biométhane.

Les biocarburants

Les biocarburants (ou agro-carburants) sont des carburants d'origine végétale issus de la biomasse (d'où leur surnom de « carburants verts »). On les produit à partir de végétaux ou de plantes cultivés dans ce but, ou de déchets organiques (méthanisation). Ils possèdent des propriétés proches de celles de certains dérivés du pétrole et peuvent parfois s'employer directement dans des moteurs diesel ou des moteurs à essence

La géothermie

La géothermie, du grec γη (la terre) et θερμος (la chaleur), est la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre et la technique qui vise à l'exploiter. Par abus de langage, la géothermie désigne aussi l'énergie géothermique issue de l'énergie de la Terre qui est convertie en chaleur et/ou en électricité.

On distingue trois types de géothermie :

- la géothermie à haute énergie (production d'électricité),
- la géothermie à basse énergie (production de chaleur),
- la géothermie à très basse énergie (pompe à chaleur géothermique prélevant la chaleur contenue dans le sol)

Les centrales hydrauliques

L'énergie hydroélectrique, ou hydroélectricité, est une énergie électrique obtenue par conversion de l'énergie hydraulique des différents flux d'eau. (fleuves, rivières, chutes d'eau, courants marins,...)

L'énergie hydroélectrique est une énergie renouvelable. Elle est aussi considérée dans une certaine mesure comme une énergie propre.

La pile à combustible

Une pile à combustible est une pile où la fabrication de l'électricité se fait grâce à l'oxydation sur

une électrode d'un combustible réducteur (par exemple l'hydrogène) couplée à la réduction sur l'autre électrode d'un oxydant, tel que l'oxygène de l'air.

Dans le cadre du présent article sur les énergies renouvelables, il faut préciser que la production d'hydrogène nécessite de l'énergie. Par exemple: énergie électrique pour électrolyser l'eau en hydrogène et oxygène. Comme dans tous les procédés de transformation d'énergies, une partie de l'énergie est perdue lors de la production d'hydrogène.

Si l'énergie électrique est fournie par des centrales à combustibles fossiles, nucléaire ou non renouvelables, la pile à combustible n'est pas une énergie renouvelable.

En revanche, si la production d'électricité est renouvelable (hydroélectricité, photovoltaïque,...), la pile à combustible fournit une énergie renouvelable, le gisement solaire et le cycle de l'eau étant renouvelables. L'hydrogène est un vecteur de transport et de stockage d'énergie.

La place des énergies renouvelables dans l'enseignement

L'article 8 de la charte de l'environnement de 2004 proclame que « L'éducation et la formation à l'environnement doivent contribuer à l'exercice des droits et devoirs définis par la présente Charte »

Attention, la notion d'énergie renouvelable est souvent confondue avec celle d'énergie propre. Or, même si une énergie peut être à la fois renouvelable et propre, tous les énergies renouvelables ne sont pas nécessairement propres : par exemple, certains fluides frigorigènes utilisés dans les circuits des pompes à chaleur sont des gaz qui, en cas de fuite, contribuent à l'effet de serre, et peuvent aussi détruire la couche d'ozone. Cette distinction mérite d'être abordée afin de rendre l'élève, futur citoyen, également conscient de ce fait.

Comme le confirme l'annexe V du bulletin officiel - hors série n° 5 du 25 août 2005, les énergies, l'environnement et le développement durable font partie intégrante, par le biais des thèmes de convergence, des programmes de sciences physiques mais aussi des autres disciplines scientifiques enseignées au collège.

De plus les dispositifs mettant en jeu les énergies renouvelables constituent un exemple de conversion de l'énergie sous diverses formes et pourront donc, à ce titre, être abordés au collège en classe de troisième.

Quelques maquettes autour des énergies renouvelables

Le CRDP du Limousin a développé des maquettes sur la thématique des énergies renouvelables

<http://www.crdp-limousin.fr/Prototypes-de-maquettes-sur-la.html>

Ces maquettes sont construites au sein du centre de ressources pédagogiques et techniques du CRDP du Limousin et des informations complémentaires peuvent être données par :

- Téléphone : 05 55 43 56 78
- Fax : 05 55 43 56 51
- Courriel : atelier@crdp-limousin.fr

Centrale hydroélectrique

La maquette centrale hydroélectrique a pour principal objectif de sensibiliser les élèves à la problématique des énergies renouvelables.

Elle peut également être utilisée afin de mettre en évidence la notion de conversion d'énergie (conversion d'énergie mécanique et plus particulièrement énergie potentielle de pesanteur en énergie électrique).



Photographie non contractuelle

L'énergie électrique peut être utilisée directement pour alimenter une DEL ou peut être stockée dans un condensateur.

Un afficheur permet de connaître la tension aux bornes du condensateur.

Cette maquette permet, par exemple, de vérifier expérimentalement l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur (à une constante près) en faisant varier deux paramètres (hauteur de la chute d'eau, quantité d'eau).

Un prochain article devrait présenter l'utilisation de cette maquette en classe de première scientifique.

Aérogénérateur sur liaison pivot



Photographie non contractuelle

La maquette est constituée des éléments suivants :

- des pâles entraînées par la force du vent
- une génératrice
- une liaison pivot
- un empennage vertical
- une diode électroluminescente (DEL)
- un support

Il est possible de créer artificiellement du vent en utilisant un ventilateur (protégé) ou un sèche cheveux (soufflant de l'air froid pour des raisons de sécurité). On placera la maquette dans la zone où l'air s'écoule. L'avant de la maquette (les pâles) sera placé selon une direction proche (à une vingtaine de degré près) de la direction du vent. Le vent, par son action sur l'empennage vertical de la maquette, va faire tourner celle-ci afin que l'axe de la maquette soit quasiment confondu² avec le lit du vent.

De plus, le vent entraîne les pâles fixées sur le rotor de la génératrice. Les pâles transforment donc le mouvement latéral du vent en un mouvement de rotation. Ce mouvement du vent par rapport au référentiel terrestre génère une forme d'énergie : l'énergie mécanique. Il s'agit en fait plus particulièrement d'une certaine forme d'énergie mécanique : l'énergie cinétique.

Cette énergie est alors transformée en énergie électrique par l'intermédiaire de la génératrice.

L'énergie électrique est alors convertie par la LED afin d'être transformée en énergie lumineuse.

Notre oeil perçoit l'information lumineuse et la transforme en un influx nerveux (énergie électrique) transmis au cerveau.

² En réalité, l'axe longitudinal de la maquette n'est pas rigoureusement confondu avec le lit du vent. Ceci est dû notamment au souffle hélicoïdal généré par les pâles.

Aérogénérateur à turbine



Photographie non contractuelle

Une turbine de type simplifié capte l'énergie mécanique du vent (toute direction) et transmet le mouvement grâce à un système pignons/courroies à un alternateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. Ce dernier permet de visualiser le principe de création d'une force électro-motrice.

Pompe à eau à énergie éolienne



Photographie non contractuelle

L'énergie mécanique du vent est captée par une hélice qui transmet le mouvement à une petite pompe à eau. La transmission de mouvement est assurée par un système pignons / poulies / courroies.

Ascenseur à énergie éolienne



Photographie non contractuelle

Cette maquette est un véritable petit ascenseur utilisant l'énergie du vent pour son fonctionnement. Elle permet d'étudier précisément les notions de transmission de mouvement (pignons, courroie) et de transformation du mouvement (translation / rotation).

Banc de scie à énergie éolienne



Photographie non contractuelle

La maquette banc de scie à énergie éolienne permet d'entraîner un petit banc de scie. On pourra, par exemple, en cycle 3 étudier le système particulier de transmission de mouvement (courroie, bielle).

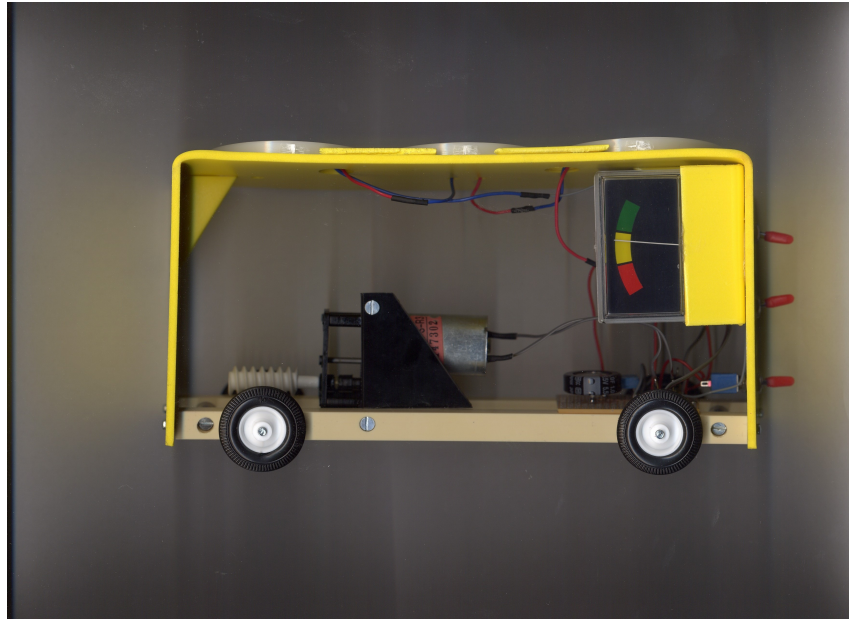
Maquette aérogénérateur à courant alternatif (énergie éolienne)



Photographie non contractuelle

Alimentée par l'énergie éolienne, cette maquette produit un courant alternatif sinusoïdal exploitable sur un oscilloscope. (Mesure de la période et de l'amplitude du signal en fonction de la vitesse du vent). Une diode DEL fournie sur support de dipôle permet d'observer la persistance rétinienne de l'oeil en fonction de la fréquence du signal électrique.

Voiture solaire (énergie solaire photovoltaïque)



Photographie non contractuelle

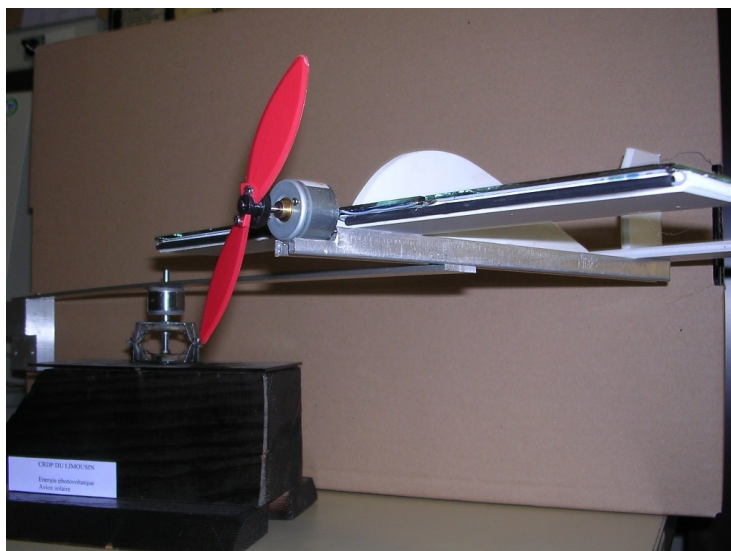
La maquette est constituée des éléments suivants :

- capteurs photovoltaïques
- moteur électrique
- vu mètre
- batterie (condensateur)
- 3 interrupteurs (A, B et C)

Il est possible de mettre en évidence la transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique puis en énergie mécanique

- de manière directe (sans stockage de l'énergie électrique)
- avec stockage de l'énergie électrique dans le condensateur

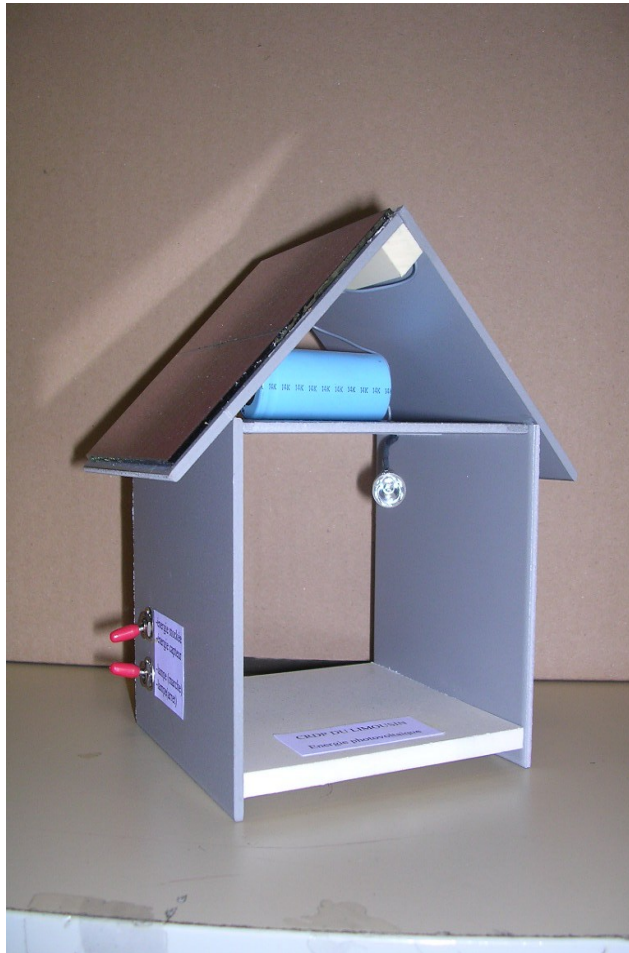
Avion électrique à énergie solaire photovoltaïque



Photographie non contractuelle

Cet avion équipé de capteurs photovoltaïques transforme l'énergie solaire en énergie électrique pour alimenter son petit moteur électrique associé à une hélice. L'avion évolue en vol circulaire autour d'un socle lorsqu'il est éclairé par une source importante de lumière (soleil ou torche électrique de 1000 watts).

Maison solaire (énergie solaire photovoltaïque)



Photographie non contractuelle

La maquette est constituée des éléments suivants :

- panneau solaire constitué de 2 cellules photovoltaïques associées
- toit opaque
- condensateur
- lampe
- interrupteur 1 (énergie stockée / énergie capteur)
- interrupteur 2 (lampe marche / lampe arrêt)

La cellule photovoltaïque transforme l'énergie solaire en énergie électrique. Il est possible d'utiliser cette énergie électrique selon deux modes de fonctionnement différents :

- Utilisation directe de l'énergie fournie par la cellule photovoltaïque (pour allumer une lampe)
- Stockage par le condensateur de l'énergie pour une utilisation différée

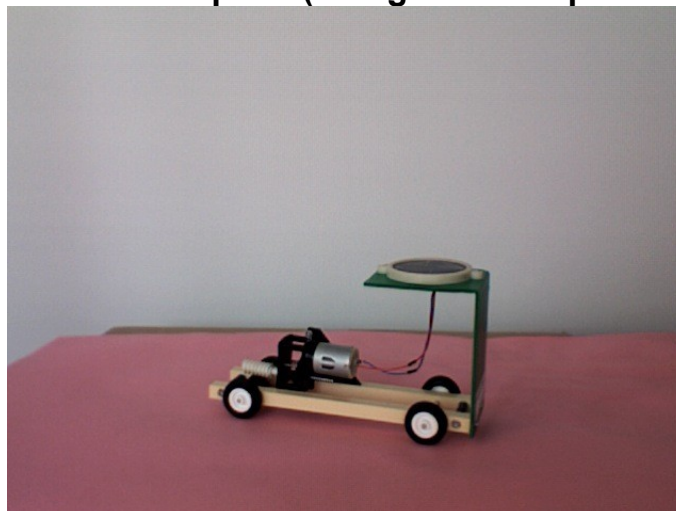
Récepteur radio à énergie solaire photovoltaïque



Photographie non contractuelle

Cette maquette illustre la transformation de l'énergie solaire en énergie électrique. Plusieurs capteurs photovoltaïques groupés permettent d'alimenter en électricité un récepteur radio lorsqu'ils sont exposés à une source de lumière.

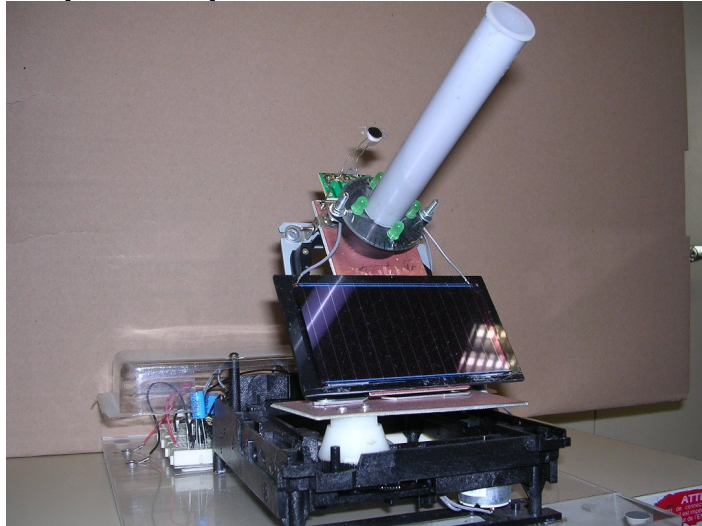
Véhicule électrique solaire simplifié (énergie solaire photovoltaïque)



Photographie non contractuelle

Véhicule électrique simplifié utilisant l'énergie solaire. Un capteur photovoltaïque est directement relié au moteur électrique d'entraînement.

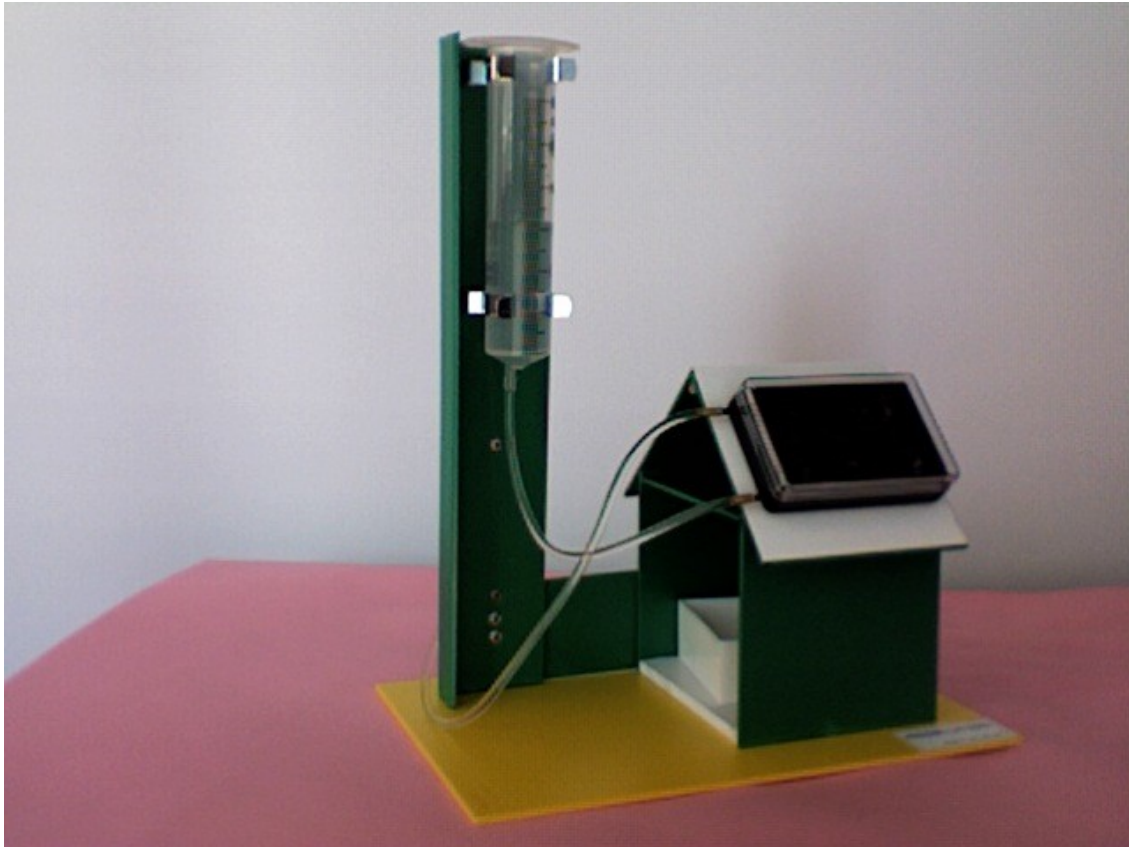
Capteur photo voltaïque auto-positionné



Photographie non contractuelle

Le rendement d'un capteur photo voltaïque dépend de son orientation précise par rapport aux rayons solaires. Cette maquette gère le positionnement précis du capteur face au soleil grâce à un module d'asservissement électronique.

Maison solaire (énergie solaire thermique)



Photographie non contractuelle

La maquette est constituée des éléments suivants :

- maison
- panneau solaire thermique
- thermomètre numérique amovible (avec fonction mémoire)
- Réservoir d'eau froide (seringue graduée en mL)
- Tuyau souple (sortie eau chaude)
- Tube à essai (récepteur d'eau chaude)

Il est possible de mesurer l'élévation de température de l'eau présente dans le réservoir et donc de quantifier l'énergie thermique qui lui est fournie.

Maquette initiation au chauffage solaire thermique



Photographie non contractuelle

Deux boîtiers de couleur différente (noir et blanc) équipés de thermomètre intégré permettent d'étudier l'énergie calorifique stockée lors de leur exposition aux rayons du soleil ou d'une lampe à incandescence.

Albédomètre



Photographie non contractuelle

L'albédomètre est un appareil destiné à mesurer l'albédo d'une surface.

L'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface sur l'énergie solaire incidente. On utilise une échelle graduée de 0 à 1, avec 0 correspondant au noir, pour un corps sans aucune réflexion, et 1 pour un corps qui diffuse dans toutes les directions et sans absorption de tout le rayonnement électromagnétique visible qu'il reçoit.

Dans la pratique, un corps est perçu comme blanc dès qu'il réfléchit au moins 80% de la lumière d'une source lumineuse blanche. À l'inverse tout corps réfléchissant moins de 3 % de la lumière incidente paraît noir.

Certaines matières ont un albédo très variable, comme les nuages. En revanche, les corps solides ont bien souvent des albédos fixes caractéristiques de leur composition chimique. Par exemple, la lave a un albédo de 0,04, le sable entre 0,25 et 0,30, la glace entre 0,30 et 0,50, la neige (épaisse et fraîche) jusqu'à 0,90. L'albédo moyen terrestre est de 0,3 toutes surfaces confondues.

Il suffit de placer les différentes plaques colorées sous le capteur et lire l'albédo mesuré pour chaque couleur.

On pourra ainsi justifier le choix de la couleur noire pour un dispositif permettant d'*absorber* un maximum d'énergie lumineuse (qui sera transformée en énergie thermique). De même, on pourra aussi justifier que le choix de la couleur blanche pour *réfléchir* un maximum de lumière est le meilleur choix.

Autres maquettes

D'autres maquettes sont visibles sur le site web du CRDP du Limousin :

<http://www.crdp-limousin.fr/Prototypes-de-maquettes-sur-la.html>

Remerciements

Ces maquettes et donc ce document n'auraient pu voir le jour sans l'habileté technique de monsieur Gérard Barrier, technicien au centre de ressources du CRDP du Limousin qui a réalisé l'ensemble des prototypes présentés ici. Je le remercie en outre pour la relecture de ce document.

Je tiens aussi à remercier particulièrement madame Anne-Marie Dupuy, IA/IPR de Sciences Physiques pour les nécessaires corrections qu'elle a apporté à cet article.

Bibliographie :

Énergétique – Michel Feidt – Sciences Sup – Dunod

L'encyclopédie Wikipédia <http://fr.wikipedia.org>

Ministère de l'Économie, des finances et de l'industrie <http://www.finances.gouv.fr>

Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières <http://www.industrie.gouv.fr/energie>

Charte de l'environnement de 2004 <http://www.conseil-constitutionnel.fr/textes/charte2004.htm>

Loi constitutionnelle n° 2005-205 du 1er mars 2005 (JO du 2 mars 2005)

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie

<http://www.ademe.fr>

<http://www.enseigner-les-energies.com>

Bulletin Officiel - hors série n° 5 du 25 août 2005 – Thèmes de convergence

<ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/bo/2005/hs5/annexe5.pdf>

Quelques liens :

<http://www.actu-environnement.com>

Ministère de l'écologie et du développement durable

<http://www.ecologie.gouv.fr>

DIREN (Directions régionales de l'environnement)

http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=1294

Salon des énergies renouvelables

<http://www.energie-ren.com>

<http://www.energie-plus.com>

Pile à combustible

<http://www.clubpac.net>

Comité de Liaison Energies Renouvelables

<http://www.cler.org>

Le centre d'information sur l'énergie et l'environnement

<http://www.ciele.org>