

Réalisation pratique de quelques expériences sur l'énergie

par J. MAUREL,
Lycée Maurice-Ravel
cours de Vincennes, 75020 Paris
et Sylvain FINAUD-GUYOT,
Lycée Eugène-Delacroix
rue du Dr-Schweitzer, 93700 Drancy.

Les expériences suivantes ont été présentées le 25-2-1981 au lycée Charlemagne et le 18-11-1981 au lycée Louis-le-Grand à Paris. Lors de leur réalisation, nous avons essayé de faire en sorte que :

- les expériences puissent être montées par les élèves eux-mêmes,
- le matériel utilisé se trouve en général dans les collections des collèges (technologie) ou fasse appel à la récupération,
- certaines expériences permettent de faire des mesures quantitatives.

I. COMMENT PRODUIRE DE L'ELECTRICITE.

L'énergie électrique est produite dans toutes ces expériences par les moteurs de la dotation 5^e, utilisés en générateurs dynamo. Leur rendement en générateur, variable d'un moteur à l'autre, est mauvais. Cependant, toutes les expériences ont fonctionné avec ces générateurs. Ils peuvent évidemment être remplacés par de meilleurs générateurs.

L'énergie électrique a servi à faire briller une ampoule 3,5 V - 0,2 A. En cas de difficulté à la faire briller, utiliser une ampoule de 1 V environ. Penser éventuellement à utiliser une diode LED. Dans tous les cas, l'énergie produite peut être mesurée grâce à un ampèremètre, un voltmètre et un chronomètre.

1) La centrale hydraulique (réalisation facile).

La turbine a été découpée dans un couvercle de boîte de conserve. Elle est fixée sur l'axe grâce à une roue possédant un moyeu (Meccano).

Une boîte de conserve pour collectivité sert de support d'axe et protège des éclaboussures. L'eau arrive sur la turbine, sous la

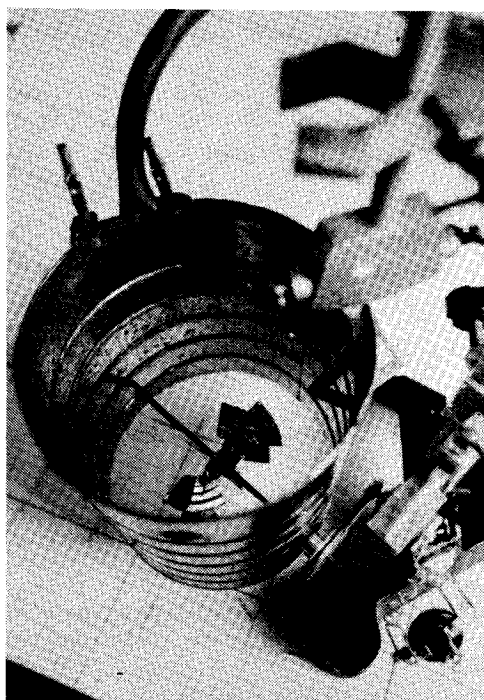
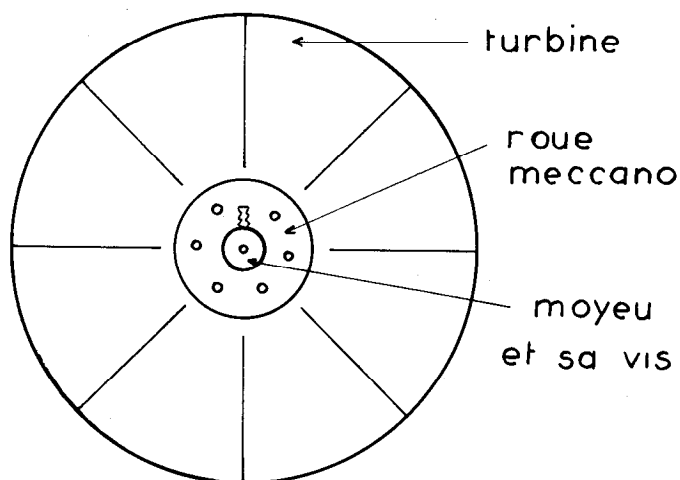


Photo n° 1. — Centrale hydraulique.

plus forte pression possible, par un tuyau en caoutchouc de petit diamètre (réduire au besoin le diamètre du bout du tuyau en le pinçant avec une pince de Mohr ou une pince à linge). L'axe de la turbine possède une poulie qui entraîne la dynamo, grâce à une courroie à ressort Meccano (ou, à défaut, par un bracelet de caoutchouc) tendue au minimum. La poulie sur l'axe du moteur dynamo peut être une poulie Meccano (mettre alors du ruban adhésif sur l'axe du moteur pour augmenter son diamètre) ou toute autre poulie de diamètre satisfaisant. Penser à huiler tous les supports d'axes, pour limiter au maximum les frottements.

2) La centrale éolienne (réalisation facile avec un aspirateur).

La chaîne turbine-dynamo-lampe (éventuellement ampèremètre, voltmètre et chronomètre) est la même que précédemment. Le vent est produit par un aspirateur utilisé comme soufflerie. On peut, à défaut d'aspirateur, utiliser un sèche-cheveux puissant. Si le débit de vent (et donc d'énergie) est insuffisant, utiliser deux sèche-cheveux.

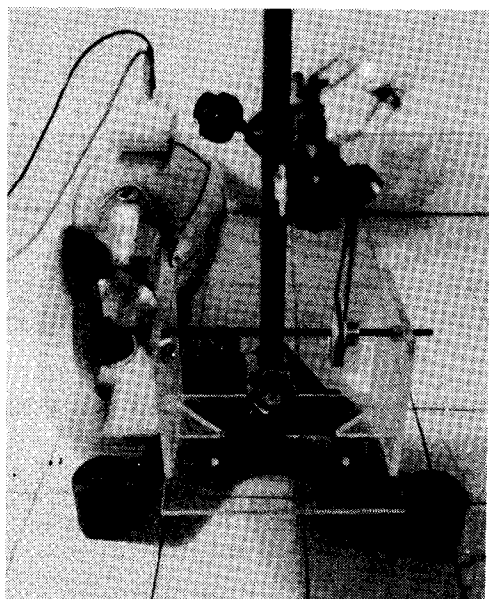


Photo n° 2. — Centrale éolienne.

3) La centrale thermique.

La turbine est entraînée par le jet de vapeur sortant d'un auto-cuiseur rempli de 1 litre d'eau environ. Pour obtenir un jet de

vapeur suffisant, il faut chauffer fortement (2 becs bunsen au moins, ou camping gaz) en laissant le sifflet sur l'autocuiseur. Lorsque le sifflet tourne vite, l'enlever rapidement et approcher la turbine *le plus près possible* de la sortie de vapeur. Eventuellement, il faut aider la turbine à démarrer à la main. La centrale fonctionne environ 30 secondes, car la pression de vapeur baisse rapidement.

Remarque.

Il s'agit d'une expérience dont la mise au point est délicate : adaptation de la lampe à la dynamo, tension de la courroie à la limite du patinage, huile sur les axes.

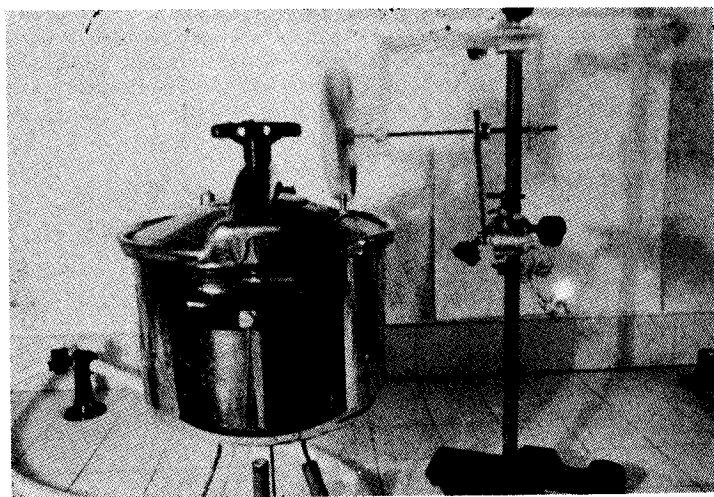


Photo n° 3. — Centrale thermique.

4) Une simulation de station de pompage (réalisation et mesures aisées).

Des stations de pompage sont utilisées par E.d.F. Lors des heures de pointe, l'eau qui descend d'un réservoir supérieur vers un réservoir inférieur actionne une turbine, pour produire de l'électricité. Aux heures creuses, le même dispositif consomme de l'énergie électrique pour pomper l'eau du réservoir inférieur vers le réservoir supérieur. Dans notre dispositif, l'eau est remplacée par une masse suspendue à un fil. Ce fil est enroulé directement sur l'axe du moteur - générateur. La descente de la masse permet d'obtenir de l'énergie électrique utilisée pour faire briller l'ampoule. Pour remonter la masse, il faut retirer la lampe et brancher le moteur sur un générateur électrique continu (pile 4,5 V ou générateur 6 V monté avec un rhéostat).

Le fil est fixé sur l'axe du moteur de la façon suivante : un tube de verre (pipette) de 5 cm de long environ est emmanché sur le bout de l'axe du moteur. Quelques tours de ruban adhésif sur l'axe du moteur permettent d'amener son diamètre extérieur au diamètre intérieur du tube. Deux disques de carton ou deux morceaux de bouchon forment des joues empêchant le fil de s'échapper. L'extrémité du fil est bloquée sous une joue.

Remarque 1.

Il faut éviter d'enrouler le fil sur plusieurs couches, car lorsqu'on remonte la masse, l'augmentation du couple risque de bloquer le moteur au moment du changement de couche.

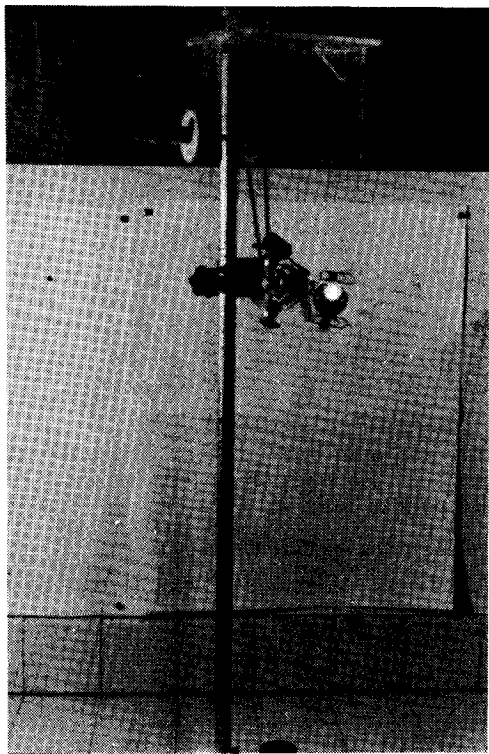
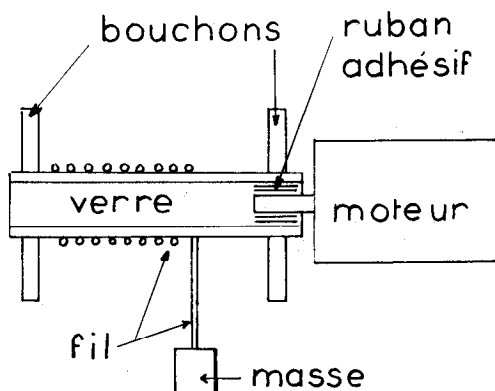
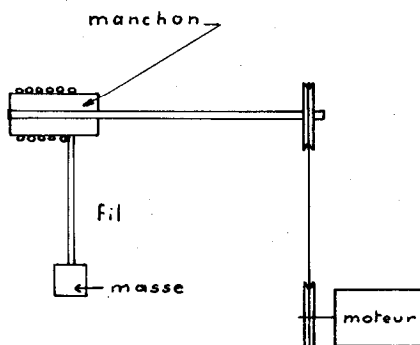


Photo n° 4. — Station de pompage avec renvoi de poulie.

**Remarque 2.**

Il est possible d'utiliser un renvoi de poulies (photo n° 4).



Le diamètre du manchon (10 mm environ) constitué d'un tuyau de caoutchouc est à régler en fonction de la masse et des dimensions des poulies utilisées.

Exemples d'utilisation quantitative.

- Mesures faites avec un renvoi de poulie lors de la chute de la masse :

$$m = 200 \text{ g}$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$E = mgh \approx 3 \text{ J}$$

Temps de chute : $t = 2 \text{ s}$.

Déviation maximale des appareils électriques :

$$U = 3 \text{ V}$$

$$I = 0,2 \text{ A.}$$

$$E'_{\text{maxi}} = UI t = 1,2 \text{ J}$$

Rendement lors de la chute :

$$\eta_{\max i} = \frac{E'_{\max i}}{E} = 0,4.$$

— Mesures faites avec le dispositif direct lors de la remontée de la masse (le moteur est branché sur une pile 4,5 V) :

$$\left. \begin{array}{l} U = 2,5 \text{ V} \\ I = 0,11 \text{ A} \\ t = 1,6 \text{ s} \end{array} \right\} \Rightarrow E = UI t = 0,44 \text{ J}$$

$$\begin{array}{l} m = 20 \text{ g} \\ h = 1,4 \text{ m} \end{array} \quad E' = mgh \simeq 0,28 \text{ J}$$

Rendement lors de la remontée :

$$\eta = \frac{E'}{E} \simeq 0,6.$$

II. COMMENT STOCKER DE L'ENERGIE.

1) L'accumulateur (voir bibliographie).

Il est constitué de deux feuilles de plomb de 50 cm × 5 cm environ. Elles sont isolées électriquement l'une de l'autre par deux feuilles de moustiquaire plastique, dont les dimensions sont légèrement supérieures à celles des plaques de plomb. Les quatre feuilles sont roulées serrées et placées dans un b cher ou pot de yaourt contenant du sulfate de sodium (Na_2SO_4) en solu-

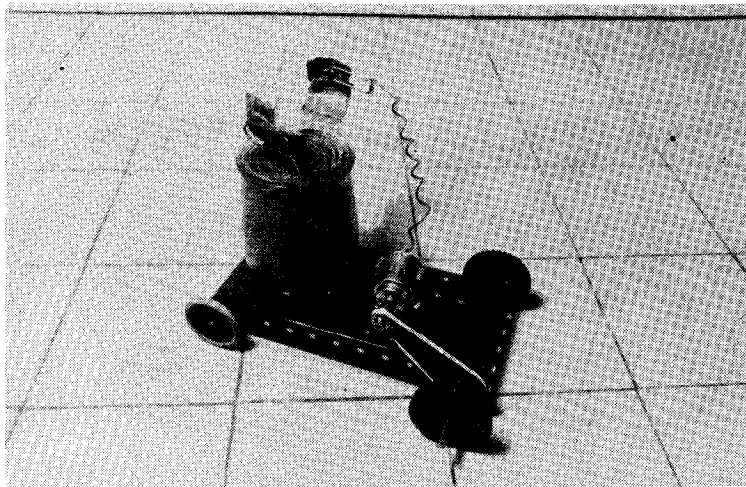


Photo n  5. — Accumulateur sur un véhicule électrique.

tion dans l'eau (300 g/l). La plaque qui sera positive doit être repérée, afin de charger toujours suivant la même polarité.

1^{re} charge : 1 minute à 50 mA puis

2 minutes à 100 mA puis

3 minutes à 500 mA.

Charges suivantes : on pourra augmenter progressivement l'intensité jusqu'à 1 A.

L'accumulateur se conserve en séparant les plaques de l'électrolyte. Celui-ci peut être conservé. Les plaques seront rincées abondamment à l'eau et stockées sèches.

2) L'électrolyse : fabrication d'hydrogène.

En utilisant deux cellules solaires montées en série, (ou à défaut un générateur continu) et un voltamètre à électrodes rapprochées, contenant de l'acide chlorhydrique concentré (environ N), on recueille à la cathode de l'hydrogène. Comme le dégagement est lent, il vaut mieux utiliser un tube à hémolyse. A défaut de voltamètre, deux électrodes constituées de plaques ou de fils de cuivre permettent de recueillir l'hydrogène.

Remarque.

Il vaut mieux ne pas chercher à caractériser l'éventuel dégagement gazeux à l'anode, si on utilise des électrodes en cuivre.

Beaucoup de soleil, pas mal de patience sont les seules conditions de réussite de cette expérience. En hiver, une (ou deux) lampe de 100 W placée à 10 cm des cellules remplacera le soleil.

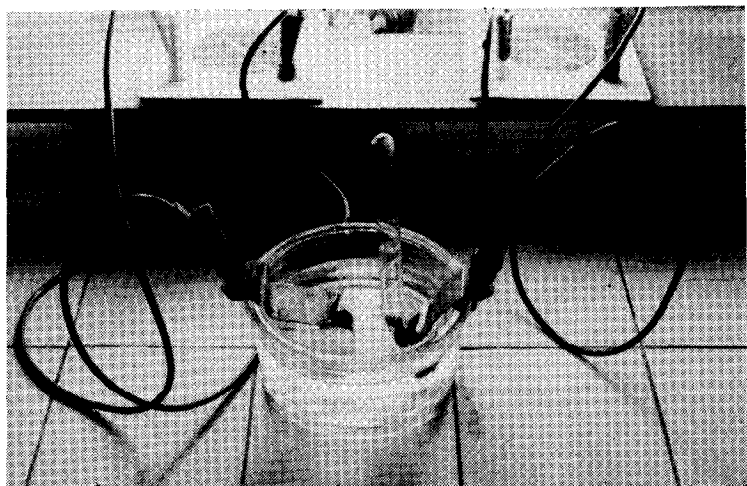


Photo n° 6. — Electrolyse solaire.

III. UN CHAUFFAGE ELECTRIQUE.

Le but de cette expérience est de chauffer de l'eau en mesurant l'énergie électrique utilisée, ainsi que la quantité de chaleur obtenue.

L'eau est chauffée soit dans une bouilloire électrique, soit dans un cristalliseur grâce à un thermoplongeur. (Ne pas oublier que cet appareil ne doit être branché que s'il trempe dans un liquide.)

Exemple de mesure.

Masse d'eau : 1 kg,

Température initiale : 19°C,

Température finale : 24°C.

Energie reçue :

$$\begin{aligned} W &= m \cdot C \cdot \Delta\theta, \\ &= 1 \times 4180 \times 5 = 20\,600 \text{ J.} \end{aligned}$$

L'énergie fournie est mesurée grâce à un compteur électrique. (Il est possible d'utiliser un ampèremètre, un voltmètre et un chronomètre, mais l'utilisation de ces appareils branchés sur le 220 V nous semble beaucoup plus dangereux pour les élèves que l'utilisation d'un compteur.) Nous avons obtenu plusieurs compteurs (gratuitement) dans un centre de matériel E.d.F. (par exemple avenue du Commandant-Mouchotte, 94 Saint-Mandé). Il faudra équiper le compteur d'une prise mâle pour le raccorder au réseau et d'une prise femelle pour brancher l'appareil consommant l'énergie électrique. La connexion des deux cordons (alimentation et utilisation) dans le compteur ne pose pas de difficultés, mais est particulière à chaque modèle, et ne peut donc être décrite ici.

Exemple de mesure.

Nombre de tours faits par le disque : 2,

Energie pour un tour (indiqué sur le compteur) : 3,2 Wh/tour,

Energie fournie :

$$W = 2 \times 3,2 \times 3\,600 = 23\,040 \text{ J.}$$

Rendement pour cette expérience :

$$\eta = \frac{20\,600}{23\,040} \simeq 0,89.$$

IV. QUELQUES MACHINES THERMIQUES.

1) Le tourniquet à vapeur.

On choisira un ballon à fond plan, ou légèrement concave. Dans un bouchon à deux trous, on placera les deux tubes à jet de vapeur. Ce sont des pipettes que l'on a coudé à la flamme (bien chauffer le tube, puis le laisser se couder sous son poids). On piquera au centre du bouchon une aiguille, que l'on passera dans le trou d'une tige support. Le ballon, rempli au quart d'eau est posé sur la pointe d'une punaise, posée sur la toile métallique. Faire chauffer l'eau jusqu'à ébullition, puis régler la flamme afin d'obtenir une vitesse de rotation de l'ensemble satisfaisante.

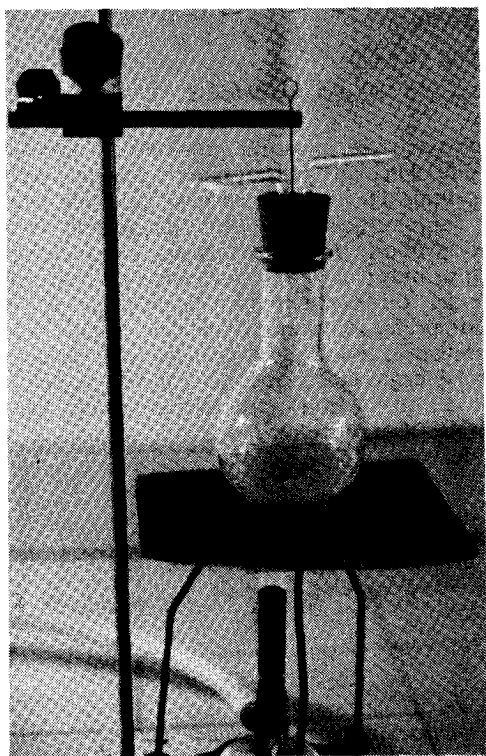


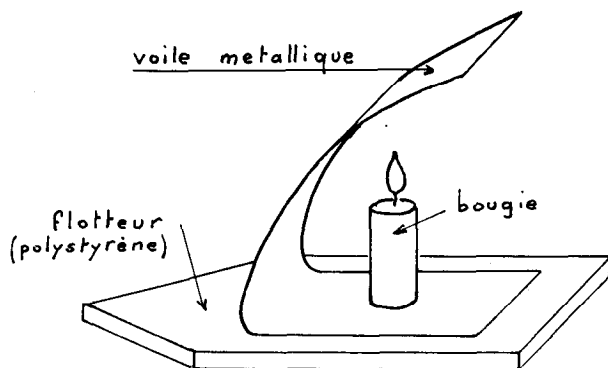
Photo n° 7. — Tourniquet à vapeur.

2) L'hélice thermique.

On découpe une spirale dans une feuille de papier épais. On peut la faire tourner sur l'extrémité d'un agitateur, ou sur la tête d'une épingle plantée dans un bouchon de liège. Le courant de chaleur est produit par une bougie, ou une lampe à alcool, ou un radiateur de chauffage central placé sous la spirale.

3) Le bateau à voile.

La coque flotteur du bateau est découpée dans du polystyrène expansé. La voile est une lame métallique inclinée vers l'arrière posée sur le bateau. La chaleur est fournie par la flamme d'une bougie.



V. L'ARROSAGE SOLAIRE.

Cette expérience très spectaculaire et fascinante permet de pomper de l'eau grâce au soleil et à deux photopiles (cellules solaires).

Deux cellules montées en série fournissent l'énergie électrique permettant de faire tourner le moteur. Un jeu de poulies, avec démultiplication, entraîne l'axe moteur de la pompe. Celle-ci est constituée d'un godet de la taille d'un dé à coudre, attaché sur une courroie (pour le godet, prendre un tube de granulés homéopathiques, ou un embout de tube de dynamomètre).

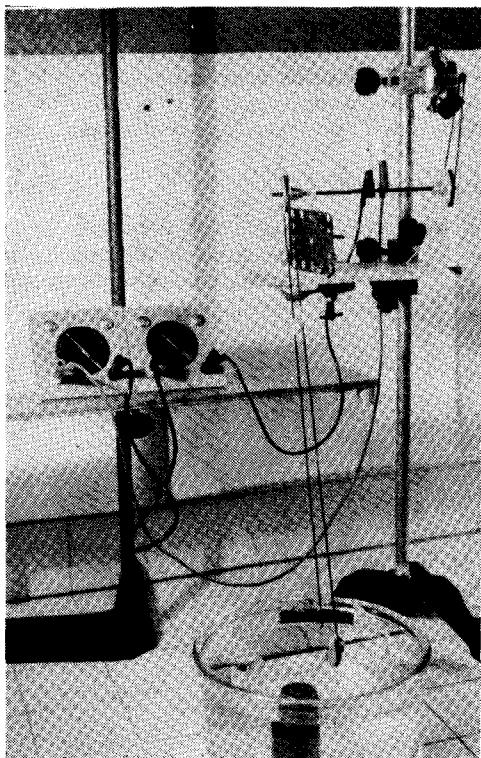


Photo n° 8. — Arrosage solaire.

VI. BIBLIOGRAPHIE.

- Livre du professeur de 3^e. — *Sciences physiques*. Collection Libres Parcours chez Hachette.
 - Livre élève de 3^e. Même collection.
-