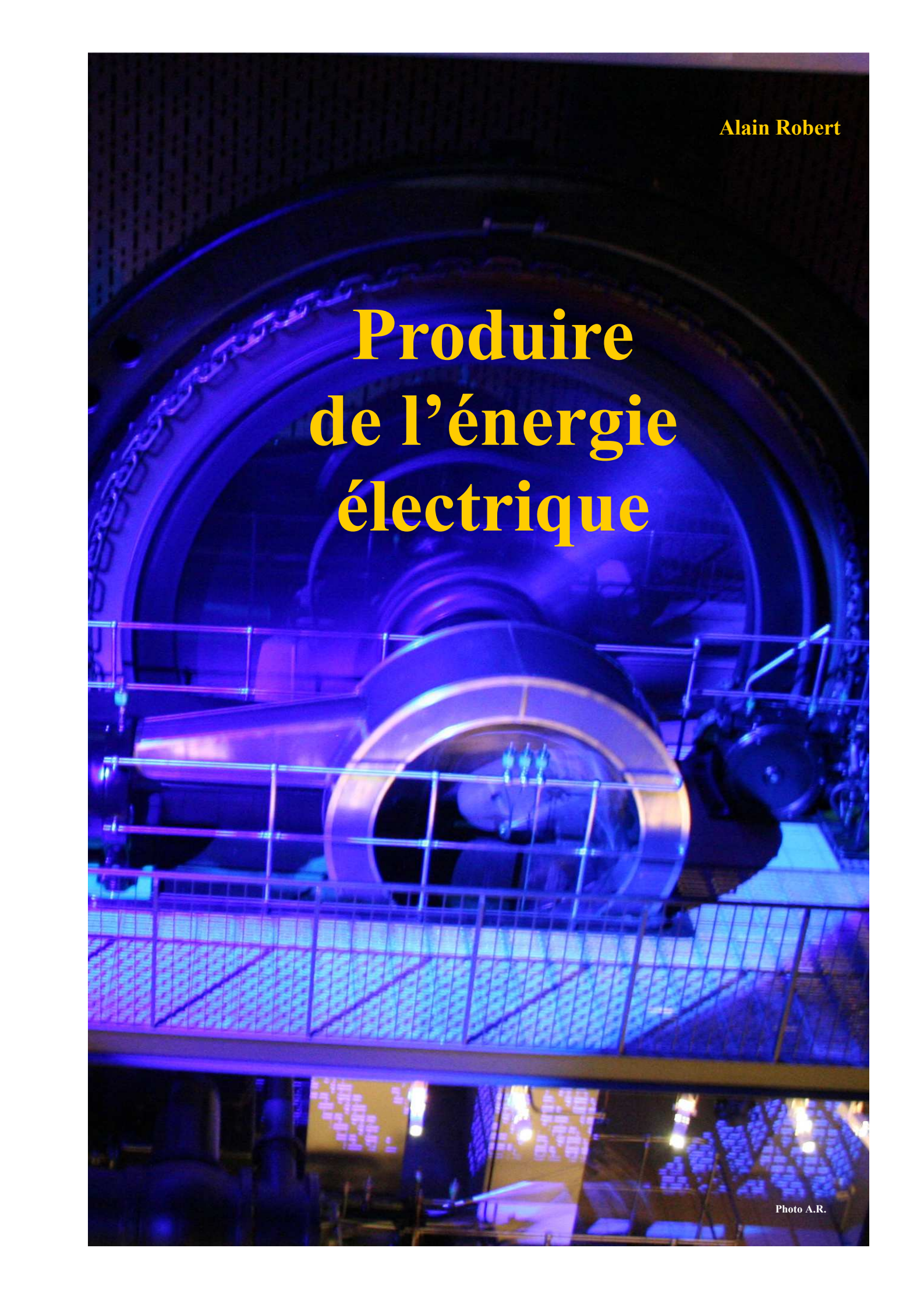


A large industrial machine, likely a turbine or generator, is the central focus of the image. It is illuminated with a strong blue light, creating a dramatic effect. The machine is housed within a large, arched structure. In the foreground, there is a metal railing with a grid pattern. The background shows other parts of the machine and some lighting fixtures.

Alain Robert

Produire de l'énergie électrique

Photo A.R.

Attention : Ce document est déposé.

Son usage est libre dans tous les
établissements d'enseignement.



Si vous souhaitez le dupliquer sur un site internet ou l'incorporer à une publication (sur papier ou numérique), vous devez obtenir préalablement l'accord de l'auteur ou des auteurs.

Objectifs

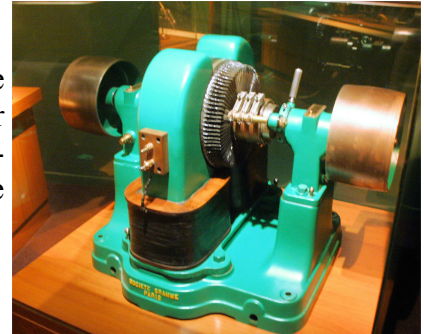
Depuis des millénaires, les hommes ont appris à utiliser l'énergie du vent, de l'eau, des animaux pour faire plus que ce que leur permettait leur énergie musculaire.



La mise au point de la machine à vapeur (début de l'ère industrielle) leur a permis de disposer de quantités d'énergie beaucoup plus grandes, avec les conséquences (positives et négatives) que l'on connaît.



Puis, après l'invention de la pile électrique par Alessandro VOLTA, de la dynamo par Xénobe GRAMME, de la lampe à incandescence par Thomas EDISON, vint l'ère de l'électricité.



Aujourd'hui, cette forme d'énergie est omniprésente dans notre vie quotidienne (imaginez – faites imaginer aux enfants– ce qui ne fonctionnerait plus sans électricité).

Ce dossier a pour but de montrer comment nous produisons cette énergie au travers de maquettes fonctionnelles faciles à reproduire.

Modes de production :

Il s'agit à chaque fois de partir d'une forme d'énergie et de la transformer en énergie électrique

- A partir de l'énergie chimique : les piles

A partir de l'énergie mécanique

(récupérer l'énergie de matière en mouvement pour faire tourner un alternateur) :

Énergie du vent : les éoliennes

Énergie de l'eau : les centrales hydrauliques

A partir de l'énergie thermique :

Utiliser l'énergie thermique (la chaleur) pour vaporiser de l'eau (comme dans une « cocotte minute »), le jet de vapeur faisant tourner une turbine qui entraîne un alternateur.

Pour produire cette énergie thermique, on peut :

Faire brûler un combustible : centrales thermiques au charbon, au fioul, au gaz

Utiliser une réaction atomique : centrales électronucléaire

A partir de l'énergie lumineuse : les centrales solaires

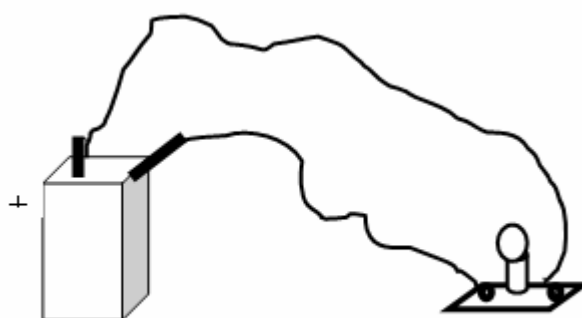
Vous trouverez en fin de dossier des photographies des différents types de centrales électriques

A partir de l'énergie chimique : les piles (à partir d'une fiche écrite par Jean JOURDAIN)

Piles aux fruits ou aux légumes (cycle 3)

Pré requis

Les élèves connaissent la constitution d'un circuit électrique simple et en ont construit : pile, lampe (éventuellement interrupteur) reliés par des fils conducteurs (ou de liaison)



Expérience préalable

Faire constater que les bornes des piles portent toujours l'indication + ou -

Faire constater que la lampe brille de la même manière quel que soit son sens de branchement

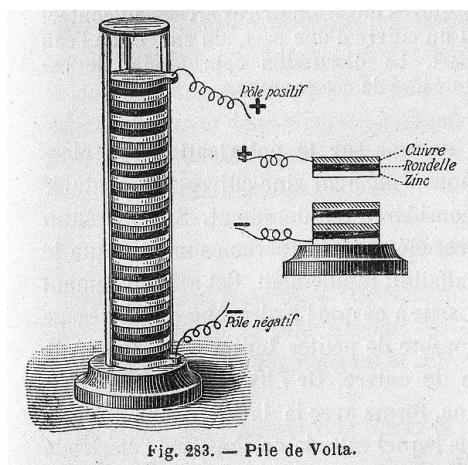
Faire constater que le sens de rotation d'un petit moteur s'inverse quand on inverse le branchement : fixer une petite flèche en carton sur l'arbre et assurer le contact par intermittence afin de juste faire démarrer le moteur

Faire constater qu'une diode électroluminescente (DEL ou LED) émet de la lumière dans un sens et pas dans l'autre : elle brille quand le fil « rouge ou orange » des montages proposés est relié à la borne +. *Utiliser pour cette expérience une pile de 4,5 V ou un bloc porte piles de 6 V, à condition que la DEL soit protégée par une résistance (c'est le cas avec le matériel proposé).*

La DEL permettra donc de découvrir le signe des bornes de la pile fabriquée.

Expérience

Présenter la pile de Volta (inventée en 1800)



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pile_de_Volta.jpg

Réaliser une pile sur le même principe

Matériel : citrons, pommes ou pommes de terre (entiers ou coupés)

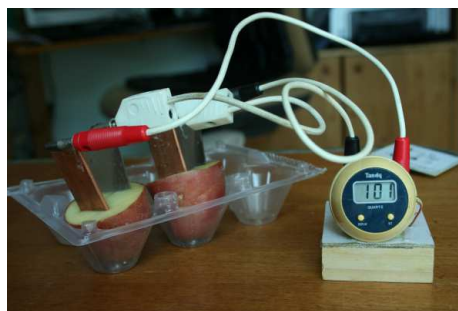
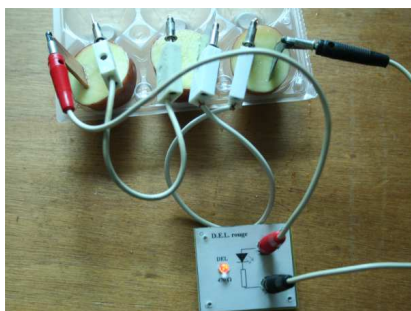
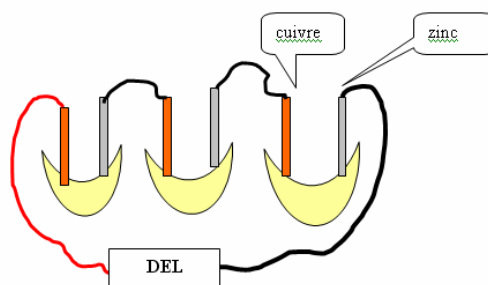
Lames de zinc et lames ou tubes de cuivre

Boîte à œuf pour poser les fruits ou légumes

Fils de liaison

Une DEL (ou une carte musicale, un réveil à quartz)

Montage :



Faire constater avec la DEL que le cuivre constitue la borne +

Nota : chaque élément de pile ne délivrant qu'environ 0,9V, il faut utiliser une DEL rouge pour obtenir un allumage avec 3 éléments car la tension minimum nécessaire est de 1,6 V (DEL rouge classique) ou 1,8 V (DEL rouge haute luminosité)

Si l'on veut faire fonctionner une DEL blanche, il faudra 4 ou 5 éléments (tension minimum nécessaire = 3 V)

On peut aussi réaliser une pile « à la manière de Volta » :

Matériel : 2 plaquettes de bois (10 x 10 cm)

Lames de zinc et lames de cuivre (5 x 5 cm)

2 lames d'acier (2 x 12 cm)

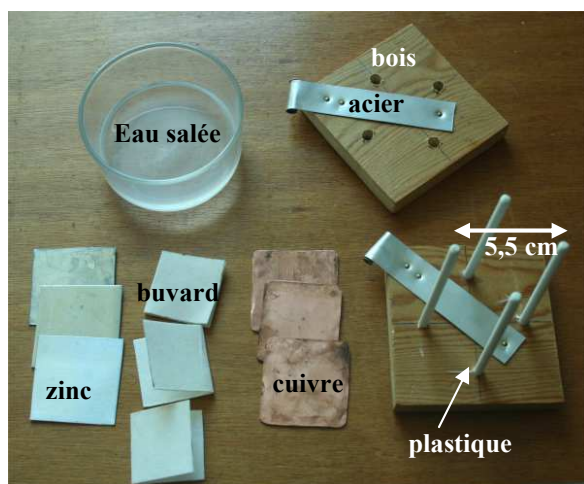
4 tiges isolantes (plastique) Ø 0,5 cm, longueur 10 cm

Rectangles de papier buvard (8 x 4 cm). Les feuilles pour saturateur peuvent convenir ainsi que tout tissus épais. Pliez les rectangles de buvard en deux pour obtenir des carrés épais.

Eau salée

Fils de liaison

Une DEL (ou une carte musicale, un réveil à quartz)



Réalisation :

Dans les deux plaques de bois, percez 4 trous de Ø 0,5 cm de telle sorte que les plaquettes de zinc et de cuivre puissent être placées à l'intérieur (voir photo).

Clouez sur chaque plaque une bande de feuilard d'acier qui servira de contact

Insérez dans les 4 trous de l'une des plaques les 4 tiges en plastique Ø 0,5 cm, longueur 10 cm

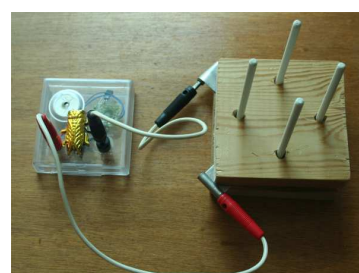
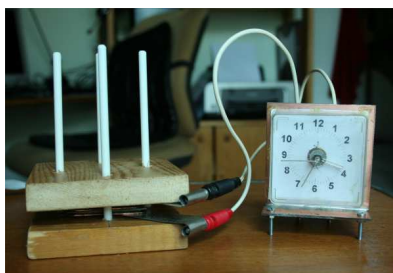
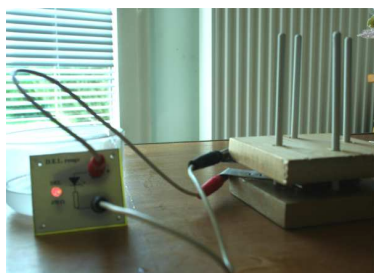
Utilisation :

Placez sur la plaque inférieure (pôle +) :

- Une lame de cuivre
- Un carré de buvard imprégné d'eau salée
- Une lame de zinc
- Une lame de cuivre
- Un carré de buvard imprégné d'eau salée
- Une lame de zinc
- Une lame de cuivre
- Un carré de buvard imprégné d'eau salée
- Une lame de zinc

Placez la plaque supérieure (pôle -)

Reliez les 2 plaques à une DEL, à un réveil à quartz, à une carte musicale...



Rien n'interdit de remplacer les feuilles de buvard imprégnés d'eau salée ou acidulée (vinaigre blanc) par des rondelles de pomme ou de pomme de terre...

Après l'expérience :

Après démontage des piles, lavez les éléments puis décapez les lames métalliques avec du papier de verre fin.

Remarques :

- Dans les piles classiques, le cuivre est remplacé par un bâton de graphite placé au centre d'un godet en zinc
- Avec du temps et des élèves curieux, possibilité de montrer qu'il est nécessaire d'avoir deux métaux différents « trempant » dans un liquide conducteur pour obtenir une pile.
- On pourra aussi démonter des piles usagées (4,5 V ou 9 V) pour montrer qu'il s'agit d'assemblages en série d'éléments délivrant chacun 1,5 V



Attention : les produits chimiques qui ont pu s'échapper des éléments de pile sont corrosifs, c'est donc une manipulation qui doit être faite par un adulte. Pensez à vous laver ensuite soigneusement les mains.

- Il existe des éléments de pile délivrant 3 V chacun : les piles au lithium. Cette technologie permet de fabriquer des piles de grande capacité, à très longue durée de stockage (environ 10 ans au lieu de 3 ans pour les piles « ordinaires »), mais est beaucoup plus coûteuse que la technologie classique. Ces piles sont donc réservées à certains usages où les qualités priment sur le coût : matériel de sécurité, certaines montres, certains appareils photo argentiques, etc.

- Dans un accumulateur (une batterie), il s'agit aussi de réactions chimiques :

Lors de la charge de la batterie, l'énergie électrique fournie par le chargeur provoque, à l'intérieur de la batterie une réaction chimique réversible.

Lors de l'utilisation de la batterie, c'est la réaction chimique inverse qui se produit et qui restitue au circuit de l'énergie électrique.

A partir de l'énergie mécanique

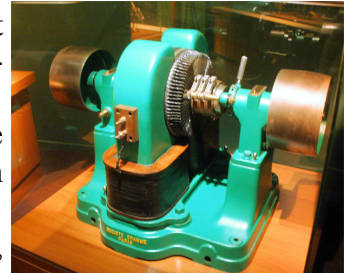
L'outil de base : l'alternateur

La dynamo inventée par Xénobe GRAMME produisait du courant quasi-continu. C'est bien pour usage local, mais le transport à longue distance est problématique :

Pour minimiser les pertes lors du transport de l'énergie électrique sur de longues distances, il faut travailler en très haute tension (plusieurs centaines de milliers de volts).

Il faut donc pouvoir augmenter la tension à la sortie de l'usine, puis l'abaisser localement avant de d'arriver chez l'utilisateur.

C'est (c'était) très compliqué en courant continu, mais plus facile en courant alternatif en utilisant des transformateurs.



Voilà pourquoi toutes les usines de production d'électricité couplées au réseau de distribution produisent du courant alternatif (50 Hertz en Europe, 60 Hertz en Amérique).

Il existe d'énormes alternateurs dans ces usines, mais aussi de tout petits dans notre environnement proche : les alternateurs de bicyclette que beaucoup s'obstinent à nommer « dynamo » alors qu'ils produisent du courant alternatif.



Si vous pouvez récupérer un ou deux de ces engins, après nettoyage, vous pouvez y fixer deux bornes pour y brancher une DEL, ou mieux deux DEL montées tête-bêche (voir le dossier électricité).

Une DEL s'allumera dès que l'on fait tourner l'alternateur, quelque soit son sens de branchement (alors que les DEL ne fonctionnent que pour un sens du courant), les deux DEL montées tête-bêche sembleront toutes deux allumées en même temps. Si l'on agite la plaquette portant ces deux DEL, on verra une succession de traits rouges et verts correspondants à chacune des DEL, ce qui montre qu'elles s'allument alternativement ...

... car le courant change de sens périodiquement.



Pour produire de l'énergie électrique, il faut faire tourner le rotor de l'alternateur.



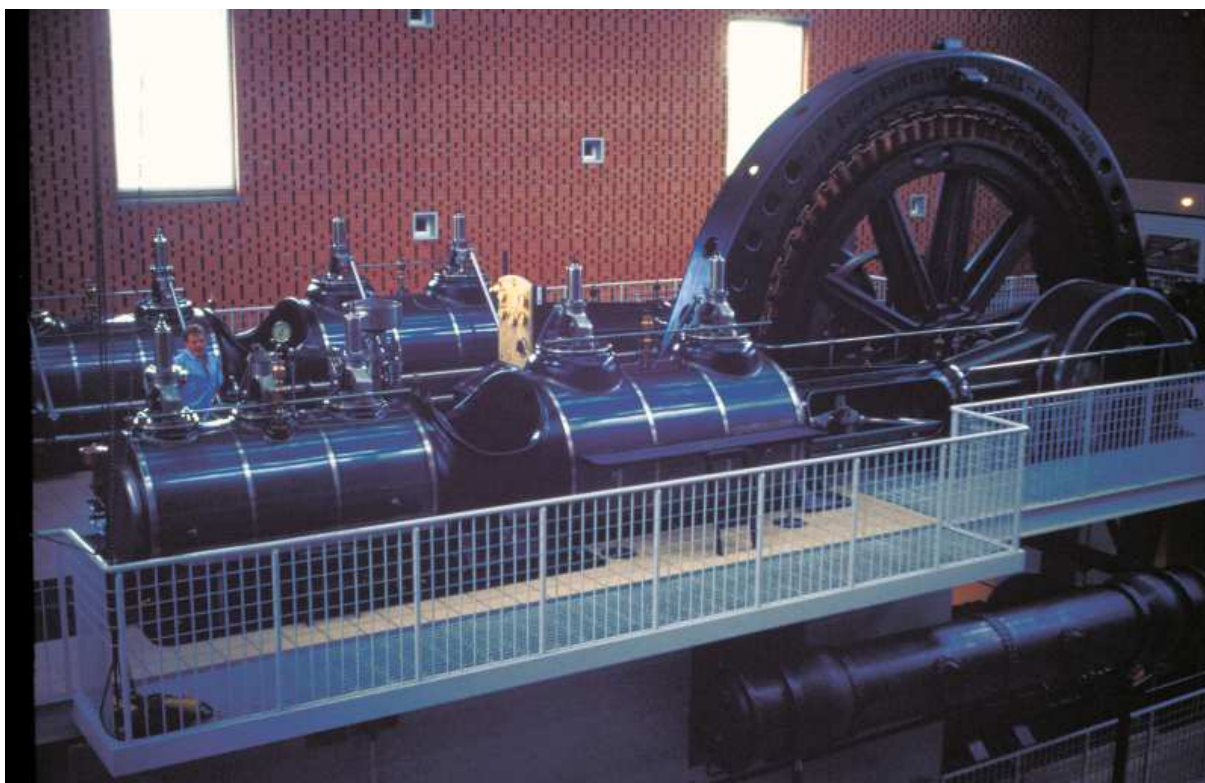
Sur une bicyclette, comme sur certaines lampes d'appoint, c'est l'énergie musculaire qui est utilisée.



Dans une centrale électrique, le rotor de l'alternateur sera entraîné par une hélice ou une turbine qui sera mise en mouvement par :

- Le vent : éolienne
- Un jet d'eau : centrale hydro-électrique
- Un jet de vapeur produit en consommant du charbon, du fioul ou du gaz :
Centrale thermique
- Un jet de vapeur produit en utilisant une réaction de fission de l'uranium ou du plutonium : centrale électronucléaire
- Un moteur à combustion : groupe électrogène

Dans les premières centrales électriques, l'alternateur était entraîné par une machine à vapeur. Vous pouvez voir l'une de ces machines au musée « Electropolis » de Mulhouse, à ne pas manquer si vous passez par l'Alsace !



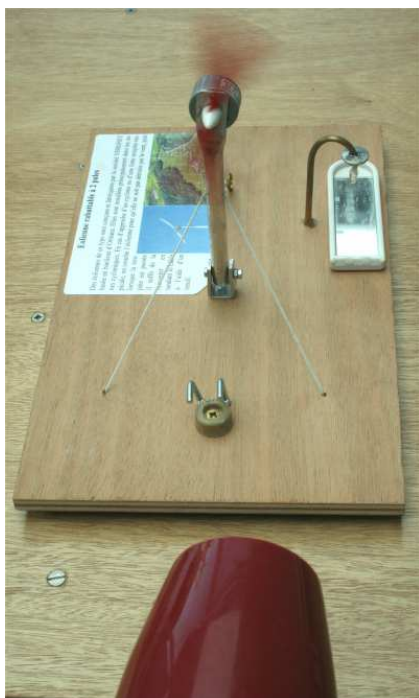
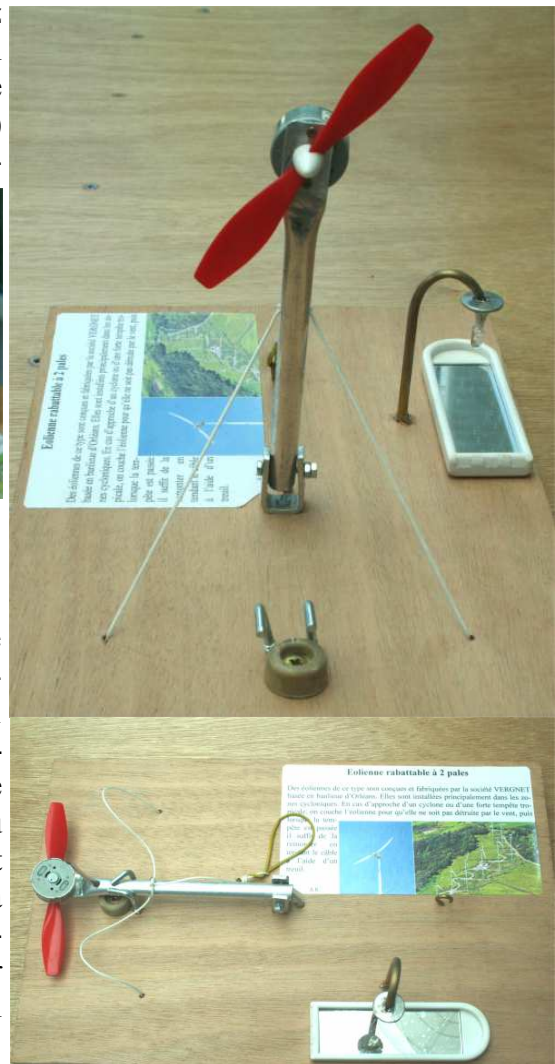
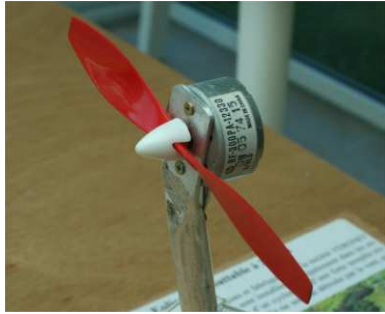
Nota : nombre de notions abordées dans cette page et la précédente sont trop complexes pour des enfants d'âge élémentaire. A chacun de simplifier en fonction du niveau de ses élèves.

Les éoliennes

Pour fabriquer une maquette d'éolienne, récupérez un petit moteur électrique (par exemple dans un lecteur de compact-disc), fixez-le à l'extrémité d'un mat (baguette de bois ou tube d'aluminium) et munissez-le d'une hélice achetée dans un magasin de modélisme.

Placez le mat sur une planchette, et reliez électriquement les bornes du moteur à une DEL que vous pouvez fixer à l'extrémité d'un « lampadaire » réalisé en tube de laiton. (Attention au sens de branchement)

Si votre mat est articulé, vous aurez réalisé une maquette d'éolienne du type fabriquée par l'entreprise Vergnet située en banlieue d'Orléans qui vend et installe ses machines dans les zones cycloniques. Lorsqu'un cyclone est annoncé, on abaisse le mat, on fixe solidement la tête de l'éolienne au sol... et on laisse passer le cyclone qui ne peut endommager la machine. Il ne reste ensuite qu'à redresser le mat pour reprendre la production d'électricité. Ces éoliennes n'ont que deux pales car une hélice tripales ne pourrait être amenée au sol sans risque de casse.



Utilisation :

Mettez l'hélice en mouvement à l'aide d'un sèche-cheveux. Le moteur entraîné par l'hélice et qui fonctionne alors en générateur produit un courant électrique qui permet l'allumage de la DEL.

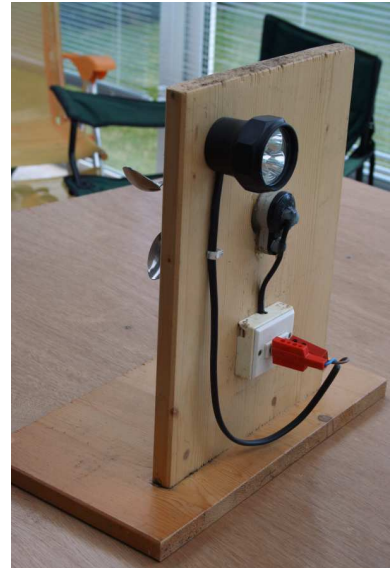
Un petit miroir placé sous le « lampadaire » permet de voir l'allumage de la DEL sans faire de contorsions.



Centrale hydraulique Centrale thermique

La même maquette peut servir à illustrer les deux types de centrales.

Réalisation :



Fixez un alternateur de bicyclette sur un support en bois en l'insérant dans un trou percé dans la partie verticale du support et en le bloquant avec une colle à deux composants type « Araldite ».

Réalisation de la turbine : découpez un morceau de tube en cuivre de 5 cm de longueur et de diamètre proche de celui du galet du générateur. Avec une scie à métaux, faites 4 fentes d'environ 1 cm de profondeur à une extrémité pour souder les pales, 4 fentes de 2 cm de profondeur à l'autre extrémité pour adapter au diamètre du galet. Il est préférable que les fentes des deux extrémités ne soient pas en alignement pour préserver la solidité de l'ensemble.



Découpez à la même longueur les cuillères à café, insérez-les dans les 4 fentes de 1 cm et fixez-les par soudure ou brasure sur le tube de cuivre.

Fixez la turbine sur le galet de l'alternateur à l'aide d'un collier métallique.

Attention : si ce galet est en plastique, il ne faut pas trop serrer le collier sous peine de bloquer l'alternateur.

Sur l'autre face de la partie verticale du support, installez une prise de courant, reliez-la aux bornes de l'alternateur. Fixez la tête d'une lampe de poche à DEL munie de deux fils terminés par des fiches bananes males pour branchement sur la prise.

Terminez votre maquette en isolant les contacts du générateur (colle type « Araldite » ou colle thermo-fusible) et vernissez soigneusement l'ensemble pour que l'eau ne puisse pas pénétrer dans le bois lors de l'utilisation.

Utilisation :

Actionnez la turbine à la main : les DEL doivent s'allumer faiblement.

Centrale hydraulique :



A l'extérieur, actionnez la turbine avec un jet d'eau : le rotor entre en rotation rapide, les DEL s'allument.

Dans une centrale hydraulique, le principe de fonctionnement est le même :

L'eau stockée dans un barrage s'écoule avec plus ou moins de force en fonction de la hauteur de chute et actionne une turbine qui entraîne un alternateur.

Centrale thermique :



Actionner la turbine avec un jet de vapeur issu d'un appareil de nettoyage vapeur.

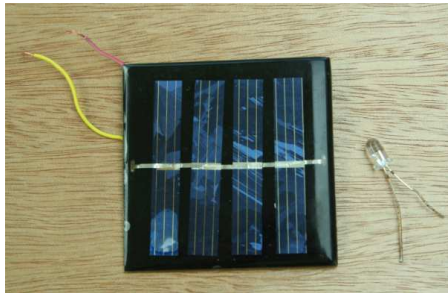
Attention : le jet de vapeur peut provoquer des brûlures, cette manipulation doit être faite par un adulte qui veillera à placer les élèves dans une zone non dangereuse.

Dans une centrale thermique, la vapeur est obtenue en faisant brûler un combustible (charbon, fioul ou gaz) dans une chaudière.

Dans une centrale électro-nucléaire, c'est la fission des atomes d'uranium ou de plutonium qui produit la chaleur nécessaire à la vaporisation de l'eau.

A partir de l'énergie solaire : Les centrales photovoltaïques

Vous pouvez acheter des petits panneaux électrovoltaïques et les DEL correspondantes, mais vous pouvez aussi les obtenir gratuitement en récupérant autour de vous les éclairages de jardin hors d'usage. En effet, sur ces petits gadgets, les pannes sont souvent dues à une perte d'efficacité de la batterie ou à une oxydation des contacts. Le panneau solaire et la DEL sont généralement encore opérationnels.

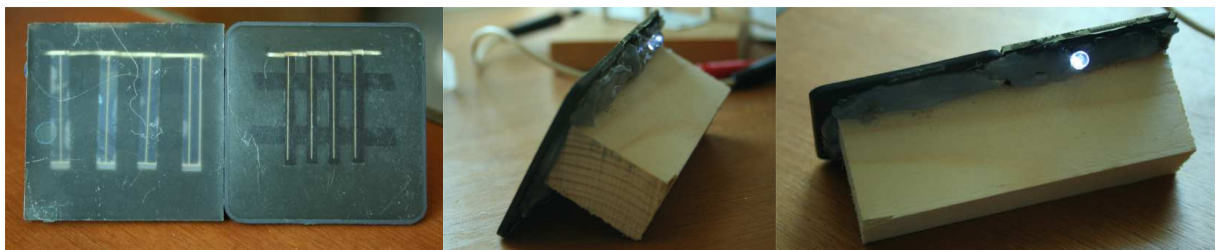


Démontez soigneusement le panneau et la DEL.

S'il s'agit de DEL blanches ou bleues, un panneau ne délivre généralement pas une tension suffisante pour la faire fonctionner directement. Un circuit électronique incorporé à l'appareil élève la tension pour le fonctionnement de la DEL. Pour réaliser votre maquette, vous devrez donc récupérer deux panneaux.

Collez (colle à deux composants type « Araldite » ou colle thermo fusible) les deux panneaux sur un petit morceau de tasseau de telle sorte que, l'ensemble étant posé sur une table, les panneaux soient inclinés à environ 45° par rapport à la verticale.

Branchez les deux panneaux en série, puis soudez la DEL aux bornes de l'ensemble (attention au sens de branchement). Solidifiez la fixation de la DEL sur le montage à l'aide de colle.



Vérification : sous un éclairage suffisant (soleil ou lampe de bureau à faible distance), les panneaux solaires doivent fournir suffisamment d'énergie électrique pour provoquer l'allumage de la DEL.

Utilisation :

1 - Faire constater aux enfants que c'est bien l'énergie lumineuse qui est transformée en énergie électrique permettant l'allumage de la DEL (absence de pile, extinction de la DEL si l'on place le panneau dans l'ombre), puis faites-les réfléchir à la position optimale du ou des panneaux par rapport au soleil.

Si les panneaux sont fixes, ils comprendront rapidement qu'il faut les orienter vers le sud.

Pour plus de réalisme, vous pouvez placer sur la table, sous les panneaux, une photographie aérienne d'un lieu proche de votre école. Pour obtenir cette photo, vous pouvez aller sur Google Earth, ou dans le Loiret sur le site du Conseil Général.

Nota : il existe dans certaines centrales solaires des dispositifs qui orientent automatiquement les panneaux vers le soleil au cours de la journée. Cela permet d'améliorer le rendement électrique de l'ensemble, mais augmente notablement le prix de l'installation.

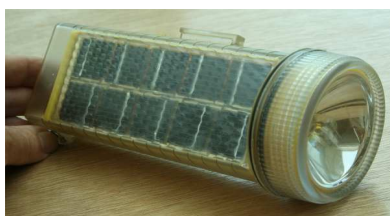


Si vous avez réalisé au moins deux maquettes de panneaux, les enfants pourront découvrir qu'il faut éloigner suffisamment les panneaux l'un de l'autre pour que le panneau avant ne fasse pas d'ombre à celui qui est placé derrière.

Au-delà des éclairages de jardin, il existe des lampes de poche et des lampadaires basées sur le même principe :

Dans la journée, l'énergie lumineuse captée par le panneau solaire est transformée en énergie électrique qui permet la charge de la batterie incorporée à l'appareil.

De nuit, cette batterie peut alimenter la lampe ou les DEL pour produire de l'énergie lumineuse.

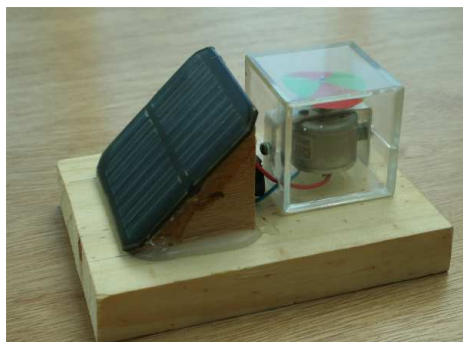
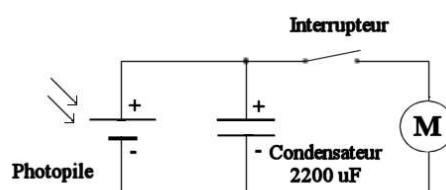


Moteur à alimentation solaire :

Réalisez un montage comportant un petit panneau solaire (récupéré sur un éclairage de jardin) et un petit moteur électrique (récupéré dans un appareil alimenté par piles, type magnétophone de poche ou lecteur de CD). Si les tensions d'usage des deux composants sont compatibles, le panneau placé en plein soleil doit fournir suffisamment d'énergie pour faire tourner le moteur.

Cependant, en lumière un peu moins forte, votre moteur ne démarrera pas alors que si vous le lancez à la main, l'énergie délivrée par le panneau suffit à entretenir le mouvement. Cela vient du fait qu'un moteur électrique consomme beaucoup plus au démarrage qu'en rotation, surtout s'il ne doit pas entraîner de mécanisme gourmand en énergie.

Pour contourner le problème, vous pouvez réaliser le montage ci-contre : lorsque l'interrupteur est ouvert, le panneau solaire charge le condensateur. A la fermeture du circuit, ce dernier délivre durant une fraction de seconde une énergie suffisante pour permettre le démarrage du moteur. Ensuite, si le panneau produit suffisamment d'énergie, le moteur continuera de tourner. Dans le cas contraire, il s'arrêtera au bout de quelques tours.



Usages : des systèmes basés sur ce principe permettent d'alimenter des pompes de puits dans des zones où il n'y a pas de réseau électrique, de ventiler des bâtiments ou des voitures à l'arrêt, d'alimenter la pompe d'un jet d'eau de jardin, etc.



Un barrage « voûte »

Photo A.R.



Le barrage de Castillon



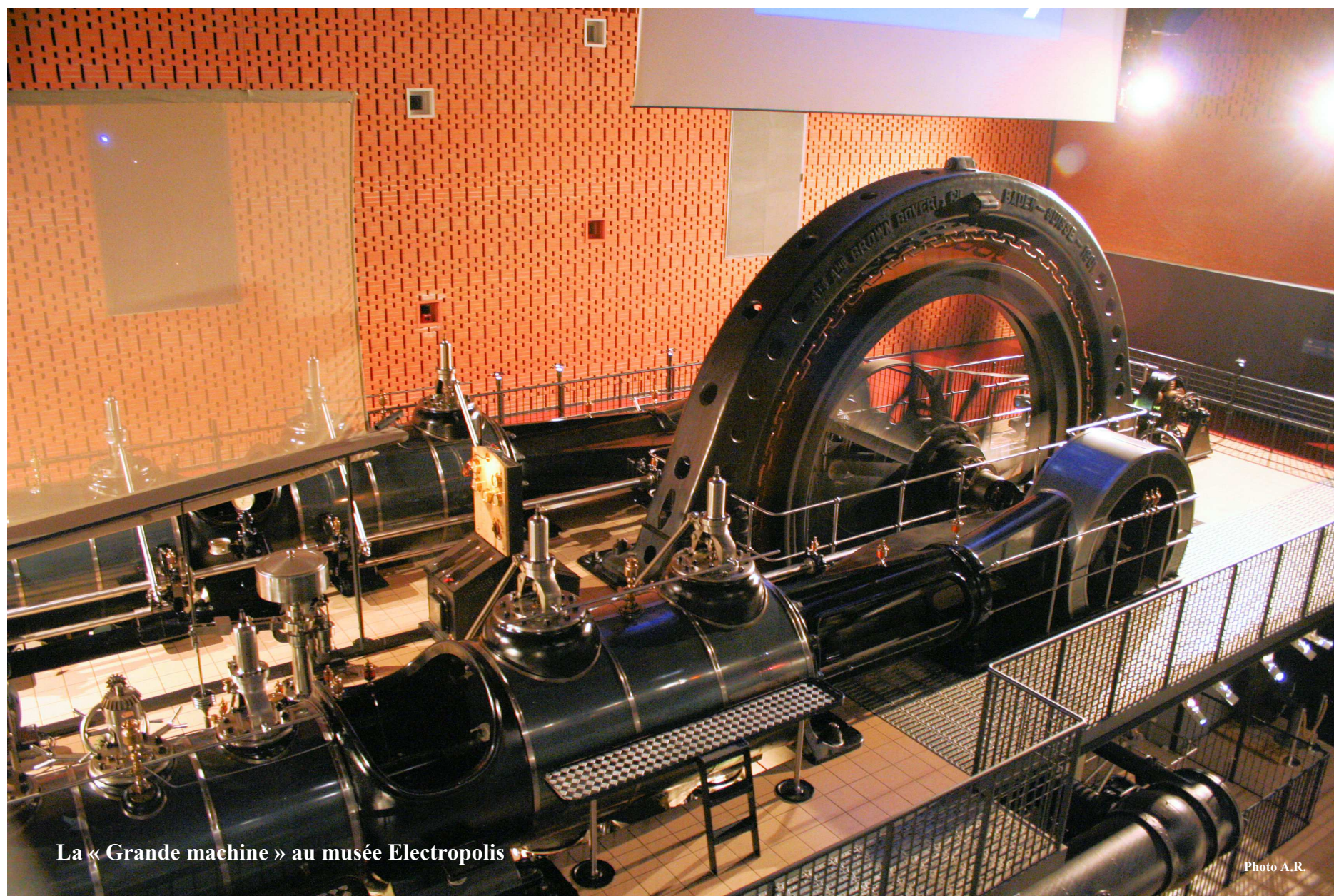
L'usine au pied du barrage

Photos A.R.



Photo A.R.

Une turbine



La « Grande machine » au musée Electropolis

Photo A.R.



Centrale nucléaire de Cruas-Meysse



Éoliennes bipales Vergnet

Photo XErgies



Éolienne tri pales en Beauce

Photo A.R.



Éoliennes tri pales en Beauce (Loiret)

Photo A.R.



Ferme « solaire »

Photo XErgies



Ferme solaire au dessus du lac de Serre-Ponçon

Photo A.R.

Centrale photovoltaïque de Rochefort du Gard - 10,995 MWc



Surface du terrain : 30 hectares. Production annuelle : 16 GWh (Giga watt-heure)





Usine marémotrice de la Rance

Photo A.R.



Une hydrolienne expérimentale