Chapitre 15

Conversion de l'énergie

15.1 Production d'énergie électrique

La méthode la plus répandue pour produire de l'électricité est celle de faire tourner un aimant ou un électroaimant devant une bobine où prendra naissance une tension électrique (figure 15.1). C'est le principe de l'alternateur (courant alternatif) et de la dynamo (courant continu).
Pour faire tourner ce générateur, on peut utiliser :

— une turbine à vapeur (centrale au gaz, au charbon , au fioul, nucléaire, four solaire, géothermique).
— une turbine hydraulique (barrage, usine marée motrice).
— une éolienne.
— un moteur thermique (groupe électrogène)

On peut aussi utiliser une transformation de l'énergie de rayonnement en énergie électrique (panneau photo voltaïque), transformer l'énergie chimique en énergie électrique (pile , accumulateur), l'énergie thermique en énergie électrique (effet Seebeck, thermopile).

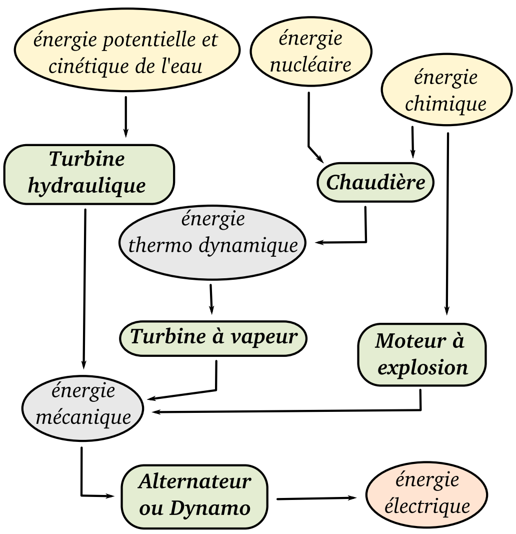

Figure 15.1 – *Par de multiples conversions d'énergie, on peut produire de l'électricité*

15.2 Rendement d'une chaîne énergétique

L'énergie consommée au départ n'est pas totalement transformée en énergie utilisable sous une autre forme, une partie quitte la chaîne énergétique de façon non désirée, on parle de pertes. Le rapport entre l'énergie disponible en fin de chaîne et l'énergie apportée en début de chaîne s'appelle le rendement énergétique η (figure 15.2). On l'exprime en pourcentage

$$\eta = \frac{E_{util}}{E_{cons}}$$

ou encore

$$\eta = \frac{E_{cons} - E_{perte}}{E_{cons}}$$

Exemple Si une machine consomme $E_{cons} = 10\ kJ$ et fournit $E_{util} = 9.9\ kJ$ alors son rendement énergétique est de $\eta = \frac{9.9}{10} = 99\%$ et l'énergie perdue $E_{perte} = _{cons} - E_{util} = 10 - 9.9 = 0.1\ kJ$.

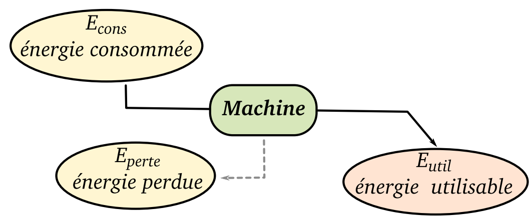

Figure 15.2 – *Un convertisseur d'énergie consomme une énergie pour produire une énergie utile mais en perdant une partie de l'énergie consommée*

15.3 Énergie et puissance consommée

La puissance P est le rapport entre l'énergie fournie ou consommée E pendant la durée de fonctionnement Δt. Son unité est le Watt (W).

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

où P est en W, E en J et Δt en s (seconde).

Une autre unité d'énergie : le $kW.h$ (le « kilo-watt heure »). C'est l'énergie fournie ou consommée par une machine de $1kW$ de puissance pendant une heure. L'équivalence Joule et kilowatt heure est la suivante

$$\begin{aligned} 1\ kW.h &= P \times \Delta t \\ &= 1000\ W \times 3600\ s \\ &= 3.6 \times 10^6\ J \\ &= 3.6\ MJ \end{aligned}$$

Attention ! Il faut bien faire la différence entre unité d'énergie kW.h ou W.h ou MW.h et unité de puissance W ou kW ou MW

La puissance électrique P fournie par un générateur électrique est le produit de la tension U aux bornes du générateur par le courant I circulant à travers ce générateur (figure 15.3)

$$P = U \times I$$

avec P en W, U en V et I en A.

La puissance électrique P consommée par un dipôle électrique est le produit de la tension U aux bornes du dipôle par le courant I circulant à travers ce dipôle (figure 15.3)

$$P = U \times I$$

avec P en W, U en V et I en A.

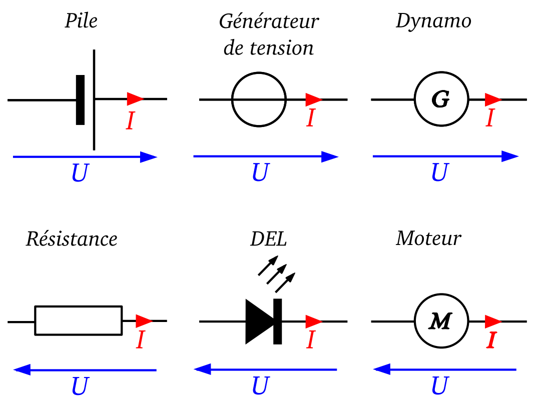

Figure 15.3 – *Puissance électrique pour différents dipôles générateurs ou passifs*

15.4 Loi d'Ohm

Si on mesure avec un voltmètre la tension U en volt (V) aux bornes d'une résistance de valeur R en ohms (Ω) et avec un ampèremètre le courant I en ampère (A) qui traverse ce dipôle, on a la relation simple appelée loi d'Ohm (figure 15.4

$$U = R \times I$$

.

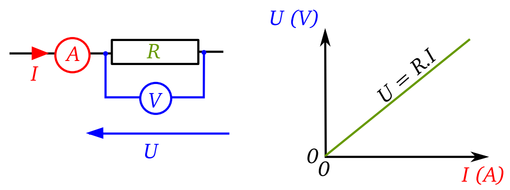

Figure 15.4 – *Vérification expérimentale de la loi d'Ohm*

Remarque Pour certaines résistances, R peut dépendre de la température (thermistance), de l'énergie lumineuse reçue (photorésistance) ou du champ magnétique (magnétorésistances).

15.5 Effet Joule

Un dipôle ohmique (ou résistance) va transformer l'énergie électrique en énergie thermique (chaleur) par effet Joule. Le rendement sera de 100 %. La puissance dissipée par effet joule sera identique à la puissance électrique consommée.

$$P_{Joule} = U \times I = (R \times I) \times I = R \times I^2$$

avec P_{Joule} en W, R en Ω et I en A.

Application Tous les appareils de chauffage électriques et certaines lampes (avec un filament) utilisent l'effet Joule. Voir le TP.

15.6 Cas de la pile réelle

Une pile réelle est modélisée par un générateur de tension parfait de « force électromotrice » E et une résistance interne r, qui va être responsable de pertes par effet Joule et d'une chute de la tension U aux bornes de la pile quand elle fournit un courant I (figure 15.5).
La tension finale U est donc la tension parfaite E moins la chute de tension par effet Joule

$$U = E - r \times I$$

La puissance disponible aux bornes de la pile sera

$$P = U \times I$$

et donc

$$P = (E - r \times I) \times I$$

et en développant

$$P = E \times I - r \times I^2$$

Le premier terme est la puissance fournie par les réaction chimiques dans la pile, le deuxième est une perte par effet Joule due à la résistance interne. Si l'intensité demandée est grande, la pile chauffe.

Le rendement de conversion de la pile sera alors

$$\eta = \frac{E_{elec}}{E_{chimique}}$$

c'est à dire , en remplaçant,.

$$\eta = \frac{U \times I \times \Delta t}{E \times I \times \Delta t}$$

$$\eta = \frac{E \times I \times \Delta t - r \times I^2 \times \Delta t}{E \times I \times \Delta t}$$

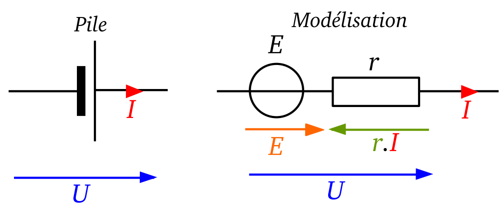

Figure 15.5 – *Modèle de la pile réelle*

15.7 Exercices

Ex.6 p.264	Ex.9 p.264	Ex.10 p.264
Ex.11 p.264	Ex.13 p.264	Ex.16 p.265
Ex.18 p.265	Ex.19 p.265	Ex.24 p.267
Ex.25 p.267	Ex.26 p.267	Ex.27 p.268

15.8 Corrections

Exercice 6 p.264 **a.** $2.6\ MW = 2.6 \times 10^6\ W$. **b.** $8500\ W = 8.5 \times 10^3\ W = 8.5\ kW$. **c.** $200\ kW.h = 200 \times 1\ kW.h = 200 \times 3.6 \times 10^6 = 7.2 \times 10^8\ J$. **d** $1800\ J = 1800 \times 1\ J = 1800 \times \frac{1}{3.6 \times 10^6} = 0.5\ Wh$.

Exercice 9 p.264 **1.** $E = P \times \Delta t$. **2.** On déduit de l'équation précédente $P = \frac{E}{\Delta t}$ avec E en Joules et Δt en secondes. Donc $P = \frac{72.5 \times 3600}{2 \times 3600 + 30 \times 60} = 29\ W$. 3) $E_{veille} = P_{veille} \times \Delta t_{veille}$ donc $E_{veille} = 1.3 \times (21 \times 3600 + 30 \times 60) = 1.0 \times 10^5\ J$. Cela correspond à 28 $W.h$. L'écran a consommé en veille, pratiquement la même quantité d'énergie que celle correspondant à une heure de fonctionnement normal.

Exercice 10 p.264 Voir figure 15.6.

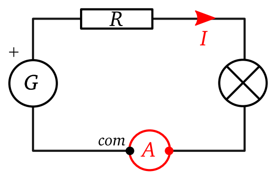

Figure 15.6 – *Exercice 10 p.264*

Exercice 11 p.264 Voir figure 15.7.

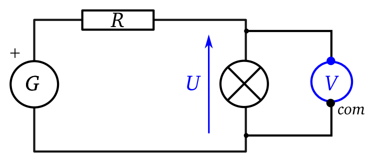

Figure 15.7 – *Exercice 11 p.264*

Exercice 13 p.264 **1.** Énergie électrique en énergie thermique par effet joule au niveau des résistances chauffantes. En chauffant, ces résistances émettent un fort rayonnement infra rouge, on a une conversion énergie thermique en énergie de rayonnement. **2.** Au niveau de la tartine, elle reçoit de l'énergie sous forme de rayonnement infrarouge. Cette énergie augmente l'énergie thermique dans la tartine, sa température augmente. Ensuite, les molécules organiques (farine, ...) s'oxydent avec le dioxygène de l'air, on a une lente combustion (c'est le noir de carbone du pain grillé).

Exercice 16 p.265 **1.**

$$P_{recue} = 270\ GJ/1h = \frac{270 \times 10^9\ J}{3600\ s} = 75\ MW$$

$$P_{fournie} = 208\ GJ/1h = \frac{208 \times 10^9\ J}{3600\ s} = 57.8\ MW$$

2. $\eta = \frac{P_{fournie}}{P_{recue}} = 77\%$

Exercice 18 p.265 **1.** $E_{chimique} = m \times E_{unitemasse} = 1,2 \times 10^6 \times 2.9 \times 10^{10} = 3.48 \times 10^{16}\ J$. **2.** On convertit $E_{chimique}$ en $kW.h$ $E_{chimique} = 3.48 \times 10^{16}\ J = \frac{3.48 \times 10^{16}}{3.6 \times 10^6} = 9.7 \times 10^9\ kW.h$ L'énergie chimique est fournie pour produire l'énergie électrique. Le rendement de conversion est donc $\eta = \frac{E_{electrique}}{E_{chimique}} = \frac{2.4 \times 10^9\ kW.h}{9.7 \times 10^9\ kW.h} = 24,7\%$.

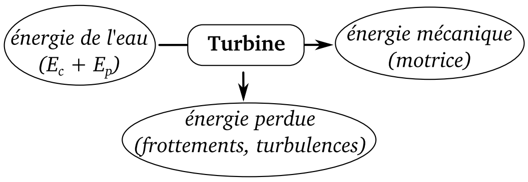

Figure 15.8 – *Exercice 19* ***1.a*** *p.265*

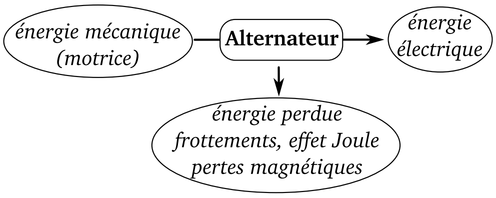

Figure 15.9 – *Exercice 19* ***2.a*** *p.265*

Exercice 19 p.265 **1.a** Voir figure 15.8. **1.b** $rendement = \frac{energie\ mecanique\ disponible}{energie\ de\ l'eau}$.
2.a Voir figure 15.9. **2.b** $rendement = \frac{energie\ electrique}{energie\ mecanique\ recue}$. **3.** $rendement\ total = \frac{energie\ electrique}{energie\ de\ l'eau}$ donc $rendement\ total = \frac{energie\ electrique}{energie\ mecanique\ recue} \times \frac{energie\ mecanique\ disponible}{energie\ de\ l'eau}$, $rendement\ total = rendement\ alternateur \times rendement\ turbine$ le rendement total est de $0.60 \times 0.80 = 0.48 = 48\%$ **4.** C'est une énergie renouvelable, sans émission de CO_2. Le problème de l'énergie hydraulique est qu'en Europe, tous les sites sont déjà utilisés et il n'y a pas possibilité d'augmenter le parc hydraulique. Il peut y avoir également des effets sur la faune aquatique (notamment les poissons migrateurs ne peuvent plus remonter un fleuve). On construit alors des « échelles à poisson » pour leur permettre de contourner la centrale.

Exercice 24 p.267 **1.** Aucun, j'aime rouler en 4x4 diesel sans filtre à particule sur la plage, en chassant les dauphins et en écrasant les bébés phoques. **2.** Il utilise le rayonnement solaire, qui, si il faut beau, est toujours présent, siècles après siècles … **3.a** Énergie consommée en 1 an $E = 2000 \times 7 \times 365 = 5110\ kW.h$, d'où le coût annuel $C = E \times Prix = 51100.07880 = 403\ euro$. **3.b** On réalise 70% d'économie d'énergie, donc on diminue la facture de 70% c-à-d on diminue de 282 euro notre facture. **3.c** Un chauffe eau solaire ne peut pas fonctionner toute l'année (en hiver notamment) et on doit le compléter avec une chaudière classique (gaz ou électrique). Donc au final, l'équipement reste plus cher, et le différentiel de prix est long à compenser. Donc il n'est pas rentable économiquement à court terme d'avoir ce chauffe eau, mais à long terme, on pense à nos descendants en économisant les énergies fossiles et en évitant de rejeter trop de CO_2 fossile. **4.** Voir figure 15.10.

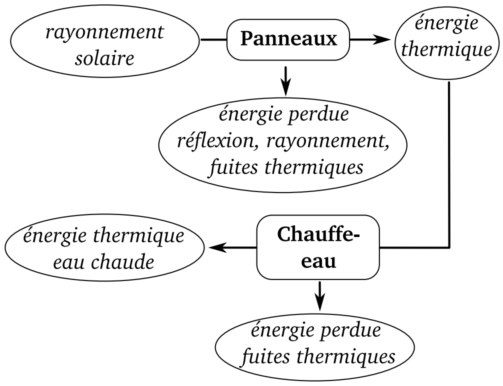

Figure 15.10 – *Exercice 24 p.267*

Exercice 25 p.267 **1.** $E_1 = 0.90\ kW \times 150\ min = 0.90\ kWx2.5\ h = 2,25\ kW.h$, $E_2 = 1.3\ kW \times 150\ min = 1.3\ kW \times 2.5\ h = 3.25\ kW.h$. **2.a** 200 cycles par an. $E_{a1} = 2.25 \times 200 = 450\ kW.h$ donc $C_1 = 450 \times 0.0788 = 35.46\ euro$ $E_{a2} = 3.25 \times 200 = 650\ kW.h$ donc $C_2 = 650 \times 0.0788 = 51.22\ euro$. **2.b** On économise 15.76 euro par an. **2.c** La différence de prix d'achat des machines est 169 euro. Il faut $\frac{169}{15.76} = 10.7$ soit environ 11 ans pour au final avoir le même coût total, ce qui correspond à la durée de vie moyenne d'une machine à laver. Sur un point de vue économique domestique, le choix est neutre. L'intérêt est au niveau de l'énergie consommée : 450 $kW.h$ au lieu de 650 $kW.h$ soit 70% . On économise ainsi 30% d'énergie, au niveau national, ce qui est énorme.

Exercice 26 p.267 **1.** Elle est utilisée 200 J par an. **2.** $E = P \times Duree = 1800000\ kW \times 200 \times 24h = 8,64 \times 10^9\ kW.h$ **3.** $nombre\ d'eoliennes = \frac{8,64 \times 10^9}{1.0x10^6} = 8640\ eoliennes$ ça fait beaucoup … imaginons un champ où les éoliennes sont espacées de 50 m sur 4 rangées, le champ mesurerait 108 km de long sur 200 m de large ...

Exercice 27 p.268 **1.a** $P = U \times I = 4,5 \times 0.100 = 0,45\ W$ pendant 2.5 s donc $E_e = 0.45 \times 2.5 = 1,125\ J$. **1.b** $P_J = r \times I^2 \times Temps = 2.1 \times 0.12 = 0.021\ W$ pendant 2.5 s donc $E_J = 0.021 \times 2.5 = 0.0525\ J$. **1.c** $E_1 = E_e - E_J = 1.125 - 0.0525 = 1.07\ J$ **2.** $E_m = m \times g \times h = 0.035 \times 9.8 \times 0.60 = 0.21\ J$. **3.** $\frac{E_m}{E_1} = \frac{0.21}{1.07} = 20\%$ on n'a transmis que 20% de l'énergie, le reste est perdu ! Il y a beaucoup de frottements mécaniques au niveau du moteur et au niveau des engrenages du treuil et des poulies qui guident le câble de traction. **4.** Voir figure 15.11. **5.** Voir 3).

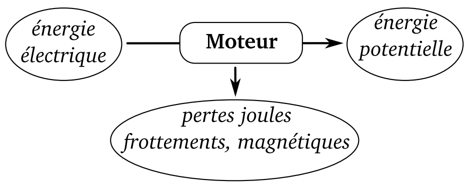

Figure 15.11 – *Exercice 27 p.268*