

# Energétique

## 1 L'énergie dans tous ses états

### Exemple de l'automobile.

<b>Batterie :</b>	réserve d'énergie chimique, source d'énergie électrique ;
<b>Carburant :</b>	réserve d'énergie chimique ;
<b>Démarrreur :</b>	transformateur d'énergie électrique en énergie mécanique ;
<b>Moteur :</b>	transformateur d'énergie chimique en énergie mécanique de rotation ;
<b>Phare :</b>	transformation d'énergie électrique en énergie lumineuse et thermique (chaleur) ;
<b>Frottements :</b>	transformation d'énergie mécanique en chaleur ;
<b>Alternateur :</b>	transformation d'énergie mécanique en énergie électrique.

## 2 Unité

L'**unité** officielle du système international (Unité S.I.) de l'énergie est le **joule (J)**.

<b>Autres unités :</b>	la calorie	1 cal = 4,18 J	(cal)
	le wattheure	1 Wh = 3600 J	(Wh)
	la tonne équivalent pétrole	1 t.e.p. = 42 GJ	(t.e.p.)
	l'électron-volt	1 eV = 1,6.10 <sup>-19</sup> J	(eV)

**Symboles utilisés :** E, W, U, Q

## 3 Énergie interne

Toute l'énergie dépensée par l'automobile provient du système « automobile ». C'est **l'énergie interne U**.

### Premier principe de la thermodynamique

Lorsqu'un système passe d'un état d'équilibre A à un autre état d'équilibre B par divers modes de transformations, la somme T + Q est la même dans tous les cas : elle ne dépend que des états A et B (Principe de l'état initial et de l'état final)

$$(T + Q)_{AB} = U_B - U_A = U_{AB}$$

T : travail échangé entre le système et le milieu extérieur

Q : chaleur ...

U<sub>AB</sub> = variation d'énergie interne

## 4 Énergie mécanique

### 4.1 Énergie cinétique

Le véhicule est en mouvement. De ce fait il possède une énergie cinétique.

$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2$$

m : masse en kg  
v : vitesse en m.s<sup>-1</sup>

### 4.2 Énergie potentielle de pesanteur

Si le véhicule monte, il faut dépenser plus d'énergie interne (carburant).

En plus de l'énergie cinétique, il accumule de l'énergie potentielle de pesanteur.

L'automobile peut dépenser cette énergie pour redescendre moteur coupé : l'Ep était bien stockée.

Remarque : elle est transformée en Ec.

$$E_p = m.g.\Delta h$$

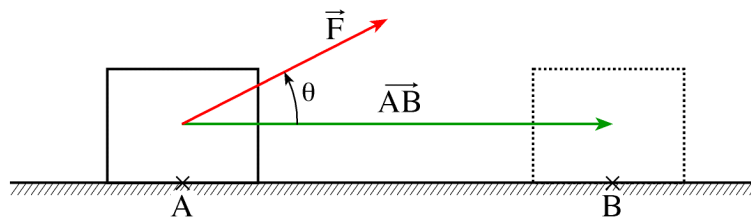
$\Delta h$  : hauteur en mètre par rapport à la hauteur de départ  
g = 9,81 m.s<sup>-2</sup> accélération de la pesanteur

### 4.3 Énergie mécanique

$$E_m = E_c + E_p$$

## 5 Travail d'une force

### 5.1 Travail de translation



La force déplace l'objet de A en B.

Le travail de la force F est l'énergie dépensée pour déplacer l'objet.

**Travail**

$$W_F = F.AB = F.AB.\cos\theta$$

$W_F$  : énergie en joules (J)  
F : force en newtons (N)  
AB : distance en mètres (m)  
 $\theta$  : angle que fait la force avec la trajectoire (° ou rad)

### 5.2 Puissance

**Puissance**

C'est le travail par unité de temps

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

P : puissance en watts (W)  
 $\Delta t$  : temps en secondes (s)

C'est l'énergie dépensée par unité de temps.

**Exemple :** à vitesse constante, l'automobile développe plus de puissance pour monter que pour rouler sur une route horizontale.

**Expression de la puissance pour une force de translation**

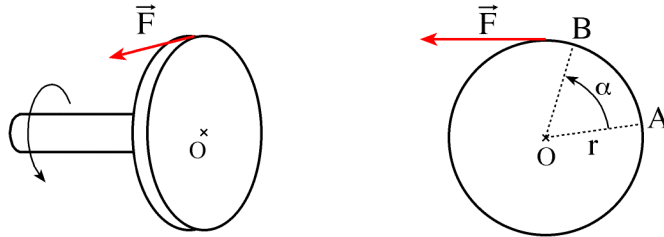
$$P_F = \frac{W_F}{\Delta t} = F \cdot \frac{AB}{\Delta t} = F \cdot v = F \cdot v \cdot \cos\theta$$

$v$  : vitesse de translation en mètre par seconde ( $m \cdot s^{-1}$ )

$$P_F = \vec{F} \cdot \vec{v} = F \cdot v \cdot \cos\theta$$

### 5.3 Travail de rotation

La force  $F$  exerce un couple sur l'axe de rotation.  
Le disque se met à tourner.



On définit le moment du couple par rapport au centre  $O$  :

$$T = F \cdot r$$

$F$  : force en newtons (N) –  $F$  est tangent à la roue  
 $r$  : rayon de la roue en mètres (m)  
 $T$  : moment du couple en newtons.mètres (N.m)

**Travail de rotation** pour tourner le disque de l'angle  $\alpha$

$$W_F = F \cdot AB = F \cdot \alpha \cdot r$$

$AB$  : arc de cercle en mètres (m)  
 $\alpha$  : angle en radians (rad)

$$W_T = T \cdot \alpha$$

### 5.4 Puissance

**Expression de la puissance pour une force de rotation**

$$P_T = \frac{W_T}{\Delta t} = T \cdot \frac{\alpha}{\Delta t} = T \cdot \Omega$$

$\Omega$  : pulsation de rotation en radians par seconde ( $rad \cdot s^{-1}$ )

$$P_T = T \cdot \Omega$$

## 6 Puissance électrique

**Puissance en courant continu**

$$P_E = U \cdot I$$

$U$  : tension en volts (V)  
 $I$  : courant en ampères (A)

## 7 Transformation d'énergie ou de puissance

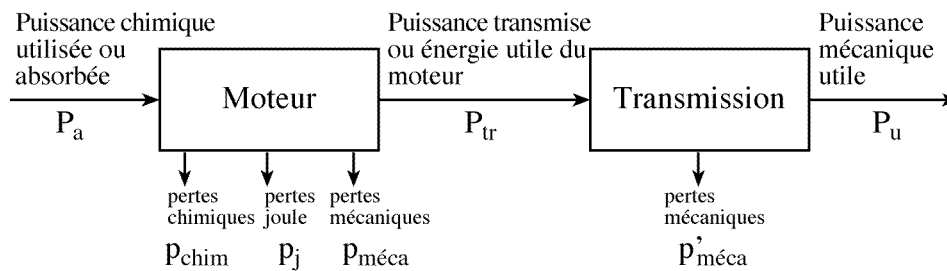
Un système électrotechnique est essentiellement un outil de conversion de puissance.

L'énergie et la puissance sont de ce fait les seules grandeurs communes du début à la fin de la chaîne de conversion.

D'où l'importance de savoir exprimer les différentes puissances d'un tel système.

## 8 Bilan énergétique ou bilan des puissances

### 8.1 Exemple de l'automobile



Avec une chaîne énergétique bien étudiée, il est ensuite facile de faire le **bilan énergétique** ou le **bilan des puissances**.

**Remarque :** ce diagramme ne représente qu'une petite partie du diagramme complet d'une automobile.

Variation de puissance interne « interne au système »  $\Delta P = \sum \text{pertes}$  « somme des pertes »

Relation entre  $P_u$  et  $P_a$   $P_u = P_a - \sum \text{pertes}$

**Exemples :**  $P_{tr} = P_a - (P_{chim} + P_j + P_{méca})$   $P_u = P_{tr} - P'_{méca}$

### 8.2 Rendement

$$\eta = \frac{P_{utile}}{P_{absorbée}}$$

$\eta$  : « éta » ; sans dimension

Plus le rendement est proche de 1, plus le système sera performant et économique.

**Quelques rendements :** une bonne automobile  $\eta \approx 35\%$  ;  
un moteur électrique  $\eta \approx 90\%$  ;  
un transformateur  $\eta \approx 95\%$ .

**Remarque :** toutes les relations du paragraphe 8 peuvent s'exprimer sous formes d'énergie.

### 8.3 Conservation de l'énergie

L'énergie d'un système isolé se conserve.

Il ne peut pas avoir disparition ou apparition d'énergie.

Donc dans un système quelconque, toute l'énergie absorbée doit se retrouver en énergie utile, en énergie interne ou en pertes.

## 9 Calorimétrie

La calorimétrie a pour but de mesurer la quantité de chaleur (énergie thermique) absorbée ou diffusée par un corps. Les mesures sont basées sur des échanges thermiques par relevé de températures.

### 9.1 Expérience

**Expérience :** si on chauffe un tige de cuivre à une extrémité, la chaleur se propage à l'autre extrémité.

**Interprétation :** la chaleur s'interprète à l'échelle microscopique par une agitation atomique. Un solide est un assemblage d'atomes en perpétuelles agitations. Plus l'agitation est grande plus le dégagement de chaleur sera important.

Il existe deux formes de transfert de la chaleur.

**Conduction :** la chaleur se propage par agitation de proche en proche des atomes du solide (expérience précédente). Plus la densité du solide est grande meilleur sera la conduction.

**Convection :** la chaleur se transmet par mouvement et mélange de matière chaude et de matière froide (liquides et gaz). Par exemple l'air chaud monte et l'air froid descend.

### 9.2 Grandeurs calorimétriques

#### Quantité de chaleur et capacité thermique massique

Soit  $Q$  la quantité de chaleur (J) nécessaire pour élever la température d'un corps de masse  $m$  de la température  $\theta_i$  à la température  $\theta_f$  :

$$Q = mc(\theta_f - \theta_i)$$

$Q$  : quantité de chaleur en joules (J)  
 $m$  : masse à chauffer en kilogrammes (kg)  
 $c$  : capacité thermique massique ( $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )  
 $\theta_i$  et  $\theta_f$  : températures en degrés celsius ou Kelvin ( $^{\circ}\text{C}$  ou K)

Où  $c$  est une caractéristique constante du corps chauffé. On l'appelle *capacité thermique massique* ou *chaleur massique*.

Quelques valeurs de capacité thermique massique

Matériaux	$c$ ( $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )
Aluminium	895
Cuivre	384
Fer	460
Plomb	126

#### Capacité thermique $K$

$$K = mc$$

$K$  (J.K-1)  
 $K$  varie avec la masse du corps