

## Comportement énergétique des systèmes

### 1/ L'ENERGIE

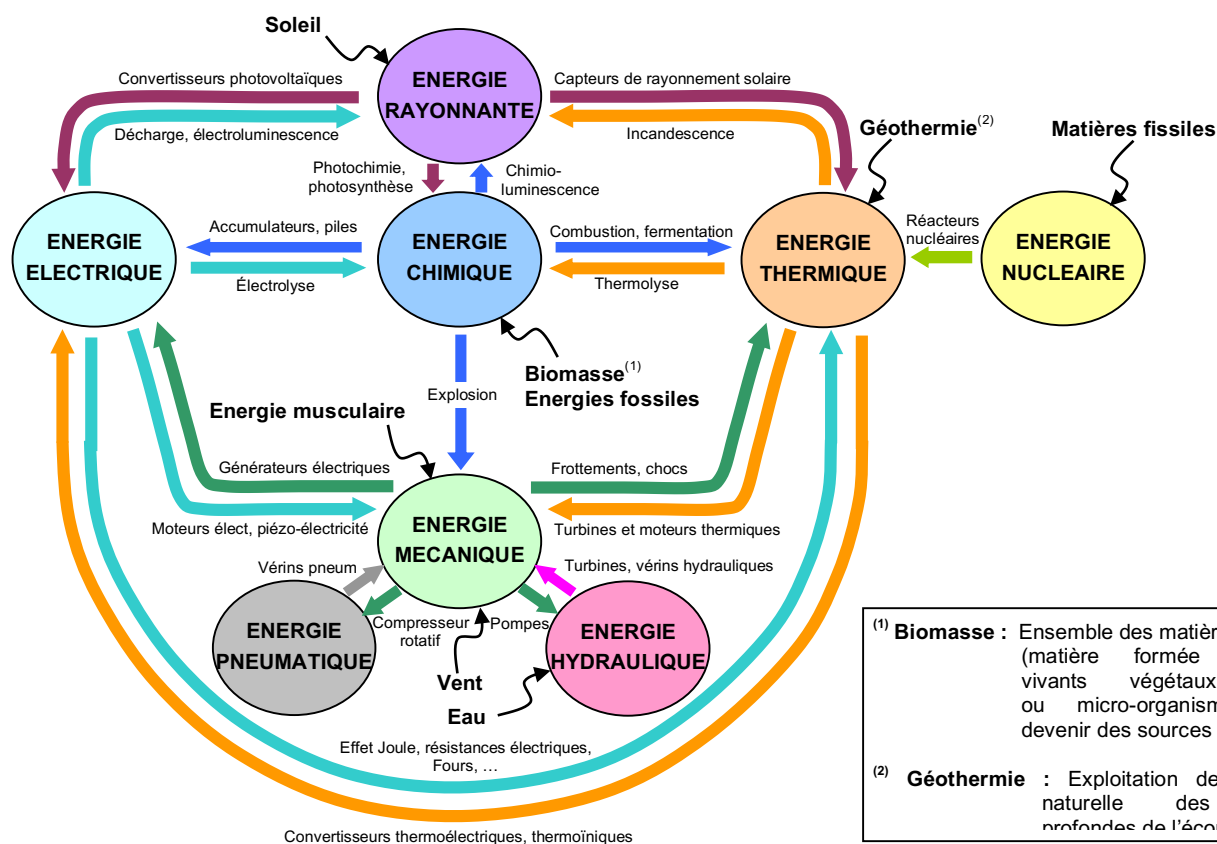
#### 1.1° Qu'est-ce qu'une énergie ?

L'énergie est la grandeur qui permet de caractériser un changement d'état dans un système (modification de la température, de la vitesse, de la composition chimique, de la composition atomique,...).

Dans **un système clos**, l'énergie se conserve. On ne peut donc pas « produire » de l'énergie, mais juste la transformer.

#### 1.2° Les différents types d'énergie et leurs productions :

La production des énergies peut être obtenue de façon « naturelle » ou par « transformation ».



#### Qu'est-ce qu'une énergie renouvelable ?

C'est une énergie dont la consommation est inférieure à la production naturelle (soleil, eau, vent, bois, ...).

#### Qu'est-ce qu'une énergie primaire ?

C'est une énergie disponible dans la nature. Lorsqu'elle n'est pas utilisable directement, elle doit être transformée en une source d'**énergie secondaire** pour être mise en œuvre.

#### Qu'est-ce qu'une énergie finale ?

C'est une énergie se situant en fin de chaîne de transformation de l'énergie, donc au stade de l'utilisation.

1.3° Relations : ■ formule générale :

où : E : énergie en Joules (J).  
P : puissance en Watt (W).  
t : temps en seconde (s).

#### 1.4° Quelques unités énergétiques :

- Le **Joule** (unité S.I.) : travail produit par une force de 1N dont le point d'application se déplace de 1m dans la direction de la force.
- La **calorie** : c'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 **kilogramme** d'eau.
- Autres unités : La **cal** = ; Le **wattheure** : 1 Wh= ; La **tonne équivalent pétrole** : 1 tep=

## 2/ NOTIONS DE PUISSANCE

*Qu'est-ce qu'une puissance ?*

La puissance est l'énergie fournie à un système par un autre par unité de temps. Elle s'exprime en Watt (W).

*Caractéristiques et relations de puissance :*

Toutes les puissances peuvent s'exprimer comme le produit d'une « force » par un « flux ».

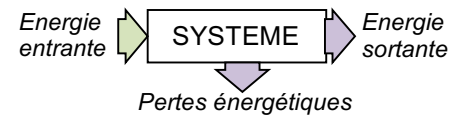
Type d'énergie		Force ou Potentiel	Flux	Relation
Mécanique	rotation	C : couple <i>en N.m</i>	$\omega$ : vitesse de rotation <i>en rad.s<sup>-1</sup></i>	
	translation	F : force <i>en N</i>	V : vitesse linéaire <i>en m.s<sup>-1</sup></i>	
Electrique	Courant continu	U : tension <i>en V</i>	I : intensité <i>en A</i>	
	Courant alternatif monophasé	V : tension efficace entre Phase et Neutre <i>en V</i>	I : intensité efficace <i>en A</i> cos $\phi$ : facteur de puiss. en sinu.	
	Courant alternatif triphasé	U : tension efficace entre Phases <i>en V</i>	I : intensité efficace <i>en A</i> cos $\phi$ : facteur de puiss. en sinu.	
Fluidique (hydraulique, ...)		p : pression <i>en Pa</i>	Q : débit <i>en m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup></i>	
Thermique	Chaleur sensible	C <sub>p</sub> : capacité calorifique massique <i>en J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup></i> $\Delta T$ : variation de la température du fluide <i>en °C</i>	q <sub>m</sub> : débit massique <i>en kg.s<sup>-1</sup></i>	
	Chaleur latente	L : chaleur latente de changement d'état <i>en J.kg<sup>-1</sup></i>	q <sub>m</sub> : débit massique <i>en kg.s<sup>-1</sup></i>	
Chimique		PC : pouvoir calorifique <i>en J.kg<sup>-1</sup></i>	q <sub>m</sub> : débit massique <i>en kg.s<sup>-1</sup></i>	

### 3/ PERTES ET RENDEMENT

#### 3.1° Définition du rendement :

Même s'il y a conservation de l'énergie dans un système, une partie de l'énergie transformée est perdue pour l'utilisateur (généralement sous forme de chaleur). Ces pertes peuvent être le résultat de plusieurs effets :

- Pertes par effet Joule
- Pertes dissipées
- Pertes calorifiques
- Pertes statoriques
- Pertes par frottement
- ....

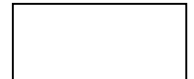


Cette **perte d'énergie** amène à introduire la notion de **rendement**.

Le **rendement** est le rapport entre la Puissance utile ( $P_u$ ) et la Puissance absorbée par le système ( $P_a$ ) :

Il n'a pas d'unité et il est inférieur ou égal à 1 (100%).

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



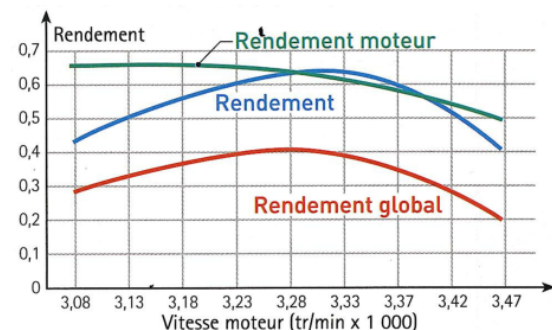
On peut aussi calculer le rendement à l'aide du travail ou de l'énergie :

$\eta =$

$P_u ; W_u ; E_u$  : Puissance ; Travail ; Energie utiles (W ; J ; J)  
 $P_a ; W_a ; E_a$  : Puissance ; Travail ; Energie absorbés (W ; J ; J)

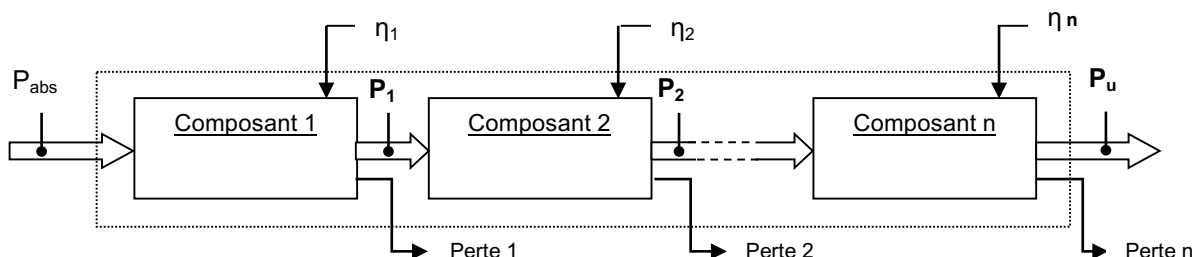
Les relations de rendement données ci-dessus doivent s'entendre en termes de **rendement instantané**.

Pour déterminer le **rendement optimal (rendement maximal)**, il faut disposer des courbes (ou tables) de rendement (voir ci-contre).



L'efficacité énergétique est complémentaire à la notion de rendement. C'est la seule façon de comparer les performances de chaînes de conversions énergétiques concurrentes. Il s'agit de définir le **niveau de consommation en énergie primaire de chaque chaîne concurrente**.

#### 3.2° Définition en schéma bloc d'un système complet d'un système :



$P_{\text{abs}} = P_{\text{elec}}$  La puissance absorbée est égale à la puissance électrique fournie au système

$P_u = P_{\text{sortie}}$  La puissance utile est égale à la puissance (globale) en sortie du système

$\eta_i$  Le rendement correspondant à chaque composant  $i$

Si on associe les différents maillons de la chaîne d'énergie d'un système, il faut tenir compte des pertes à travers chaque composant. On obtient le rendement global ci-dessous :

#### 4/ BILAN ENERGETIQUE ET PRINCIPES / THEOREMES ASSOCIES

##### 4.1° Principe de conservation de l'énergie :

**Lavoisier** (chimiste français du XVIIIème siècle) disait : « *rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme* ». Ce principe s'applique à l'énergie et on dit alors que l'énergie est une grandeur conservative.

**Exemple :** Un plat chaud posé sur la table va se refroidir : il perd de l'énergie thermique et l'air environnant la récupère. Le principe dit que l'énergie perdue par le plat est égale à celle acquise par l'air environnant (le système {air + plat cuisiné} est donc bien à énergie constante)

$E_c$  : Energie cinétique (J)  
 $E_p$  : Energie potentielle de hauteur (J)  
 $E_d$  : Energie potentielle de déformation (J) (=0 quand solide indéformable)

##### 4.2° Théorème de l'énergie cinétique :

Elle se définit comme l'énergie de mouvement que possède un corps.

$$\Delta E_c = \sum_1^n W_i$$

$\Delta E_c$  : Variation de l'énergie cinétique (J)

La variation d'énergie cinétique d'un système matériel sur un trajet donné est égale à la somme des travaux des forces subies par le système sur ce trajet.

- d'un objet en translation :

- d'un objet en rotation :

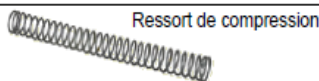
( $I_{Gz}$  : moment d'inertie du solide en rotation).

##### 4.3° L'énergie potentielle :

C'est l'énergie emmagasinée par élévation (gain en hauteur ou en altitude)

( $H$  : hauteur de chute de la masse).

##### 4.3° L'énergie potentielle de déformation : (ne s'applique que sur les solides déformables)



$K$  : Raideur du ressort (N/m)  
 $x$  : flèche (m)