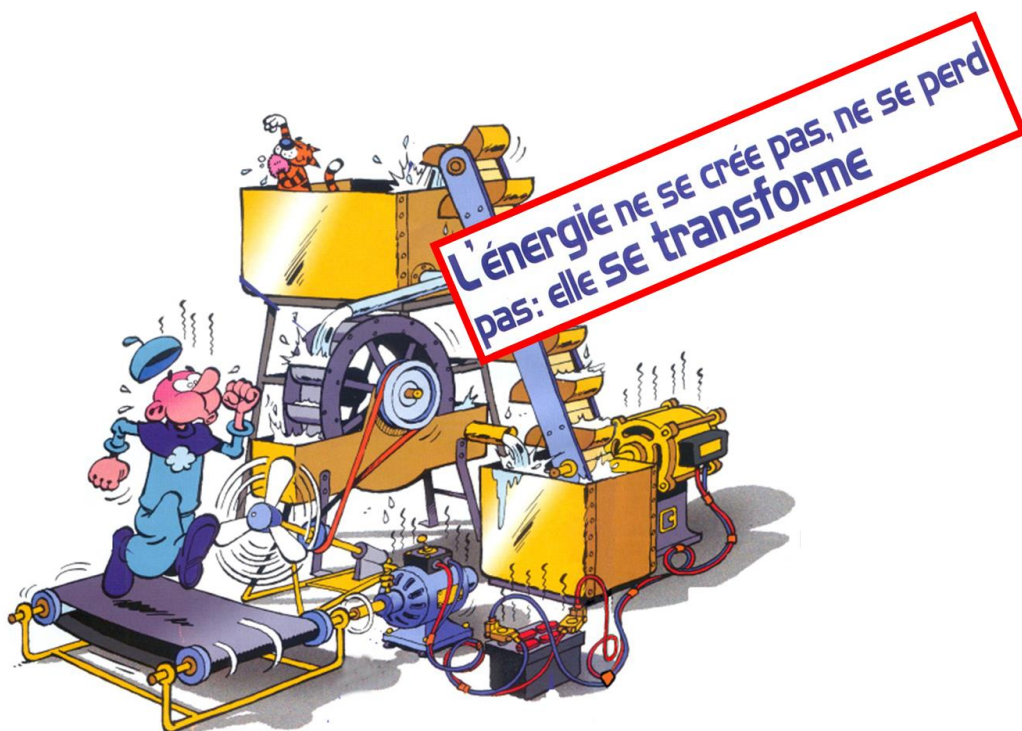


Energie Puissance



Introduction

De nombreuses personnes confondent les notions d'énergie et de puissance

- L'énergie correspond à une **quantité** exprimée en Joules (J)

Illustration : quantité de nourriture (quantité d'énergie)



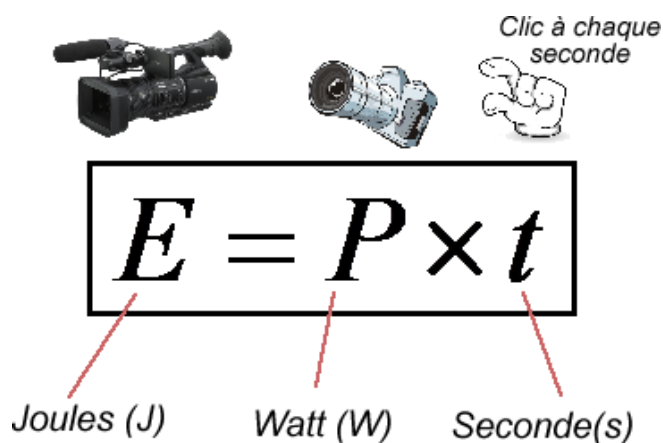
- La puissance correspond à un **débit** exprimé Watt (W).

$1W=1J.s^{-1}$ Il s'agit bien d'un débit d'énergie!

Illustration : vitesse à laquelle la nourriture est mangé (débit de nourriture, débit d'énergie)



Pour résumer ...



Tout comme le film correspond à une succession d'images, on peut faire une analogie simple avec l'énergie et la puissance



L'énergie

Qu'est ce que l'énergie?

- ▶ Capacité d'un corps ou d'un système à produire :
 - Un travail (susceptible d'entraîner un mouvement)
 - Une production de chaleur
 - Une onde électromagnétique (OEM)

Les unités sont variées :



- ▶ Le Joule (J)
- ▶ Le Wattheure (Wh) → 1Wh = 3600J
- ▶ La Tonne équivalent pétrole (Tep) → 1Tep = 42GJ
- ▶ La Tonne équivalent charbon (Tec) → 1Tec = 0,7 Tep
- ▶ L'électron-volt (eV) → 1eV = 1,9 10⁻¹⁹J
- ▶ La calorie (cal) → 1 cal = 4,18J
- ▶ ...

Trois lettres utilisées pour désigner l'énergie!!

- ▶ " E " pour les Energies **stockables** ou de **forme d'état** (lié à son état : altitude, vitesse,...)
La phrase suivante a du sens : « Le système possède une énergie de 5kJ »

$$\Delta E = E_{\text{finale}} - E_{\text{initiale}} \text{ a du sens.}$$

- ▶ " W " pour le **travail** et " Q " pour les **échanges** de chaleur sont des Energies de **transfert**.
La phrase suivante n'a aucun sens : « Le système possède 5kJ de travail ! »
La phrase suivante a du sens : « Le système 1 a échangé 5kJ avec le système 2 »

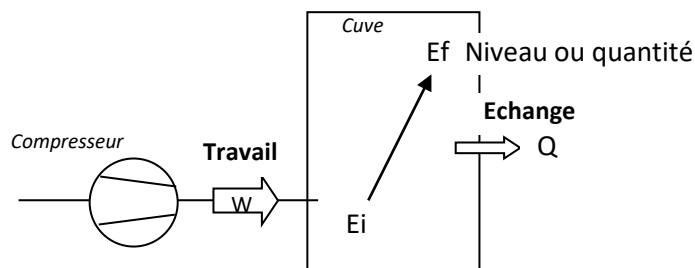
$$\Delta W = W_{\text{final}} - W_{\text{initial}} \text{ n'a aucun du sens}$$
$$\Delta Q = Q_{\text{final}} - Q_{\text{initial}} \text{ n'a aucun du sens}$$

$$\Delta E = E_{\text{finale}} - E_{\text{initiale}} = W + Q$$

W et Q sont signés :
W et Q >0 : le système absorbe
W et Q <0 : le système cède

E, W et Q : illustrations..

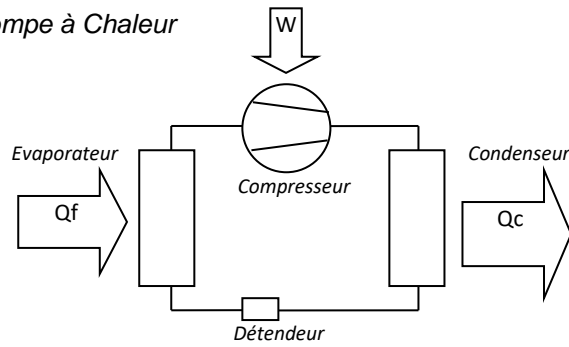
- ▶ *Illustration : cuve d'air comprimé*



$$\Delta E = E_f - E_i = W + Q$$

Avec W > 0 et Q < 0

► *Illustration : Pompe à Chaleur*



$\Rightarrow \Delta E = 0$ (Pas de stockage !)

$\Rightarrow W + Q_f + Q_c = 0$

Avec W et $Q_f > 0$

$Q_c < 0$

Pour des commodités on préférera faire abstraction de signes en écrivant :

Dans le cas de la cuve d'air comprimé : $Q = \Delta E + W$

Dans le cas de la pompe à chaleur : $Q_c = Q_f + W$

► " E " utilisée pour l'énergie qui n'est ni un travail de force (W) ni un échange de chaleur (Q)



Exemple 1 : *Energie potentielle contenue dans 2 m³ de gaz naturel (PCv gaz naturel = 8,8kWh.m⁻³)*

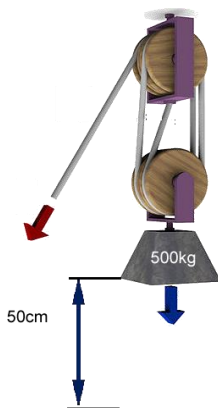


Exemple 2 : *Energie potentielle de pesanteur contenue dans 1 tonne d'eau à une hauteur de 10m?*



Exemple 3 : *Energie cinétique des deux personnages ci-contre lancés à 50km.h⁻¹.*

Le chariot a une masse de 50kg, Madame "pèse" 57kg et Monsieur 86kg.



Exemple 4 : *Energie potentielle d'une masse de 500kg située de 50cm du sol.*



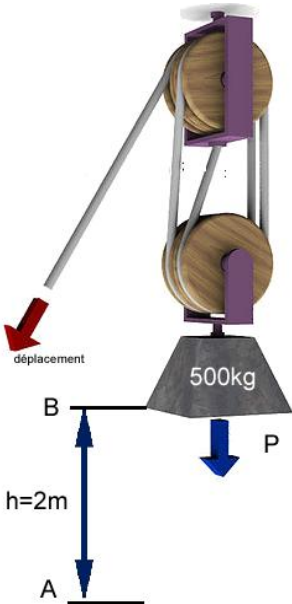
Exemple 5 : *Différence d'énergie potentielle d'une masse de 500kg située d'une part à 3m puis à 5m du sol.*



- " W " utilisée pour l'énergie lorsqu'il s'agit d'un travail de force avec $W = F \cdot L$ (force x déplacement)



- Force gravitationnelle (pesanteur) $\rightarrow \vec{F} = M \cdot \vec{g}$ (avec M la masse et g l'accélération de pesanteur)
- Force électrostatique $\rightarrow \vec{F} = q \cdot \vec{E}$ (avec q : charge électrique et E : Champ électrostatique)
- Force électromagnétique $\rightarrow \vec{F} = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$ (avec q : charge électrique, v : vitesse de déplacement de la charge et B : champs électromagnétique)
- Force de pression $\rightarrow \vec{F} = p \cdot \vec{S}$ (p : pression et S : surface sur laquelle s'exerce la pression)
- Force "mécanique" $\vec{F} = M \cdot \vec{a}$ (avec M la masse et « a » l'accélération)



Exemple 1 : Travail nécessaire pour lever une masse de 500kg de 2 m à la verticale?

- En calculant la variation d'énergie potentielle :

- En calculant le travail des forces de pesanteur (poids P) :


$$W = \vec{F} \cdot \vec{L} = \vec{P} \cdot \vec{h} = P \cdot h \cdot \cos \alpha = M \cdot g \cdot h \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Soit } W = 500 \times 9.81 \times 2 \times \cos(180^\circ) = -9810J$$


Remarque : un signe « » s'est glissé, c'est normal car le travail est résistant !

Rappel : Dans le cas d'un corps soumis à la pesanteur :

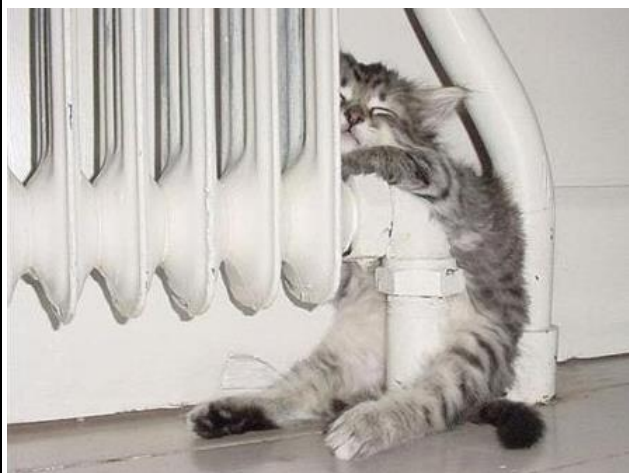
$$\Delta E_p = -W_{AB}(P)$$




*Exemple 2 : Energie **Travail** d'un vérin dont la pression interne est de 6 bars et la section du piston de 5cm^2 et qu'il se déplace de 7cm?*



► " Q " utilisée pour les échanges d'énergie calorifique (chaleur)



Exemple 1 : Energie nécessaire à augmenter la température de 2 m^3 d'eau de 20°C à 80°C ?



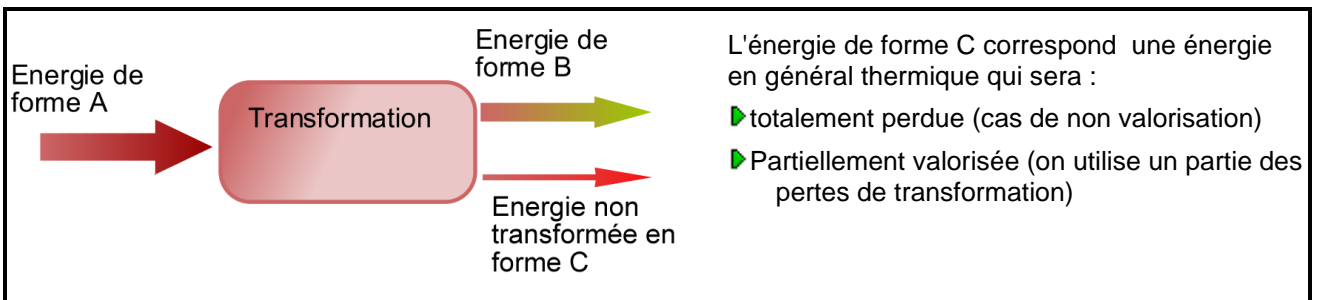
Deux concepts essentiels

Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme!

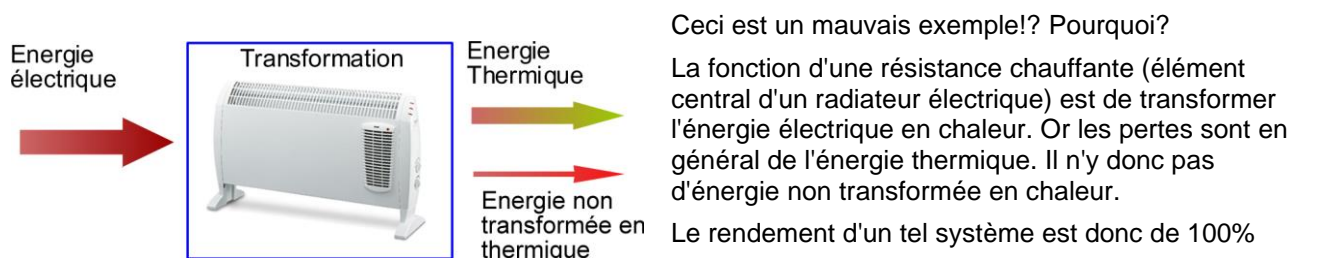
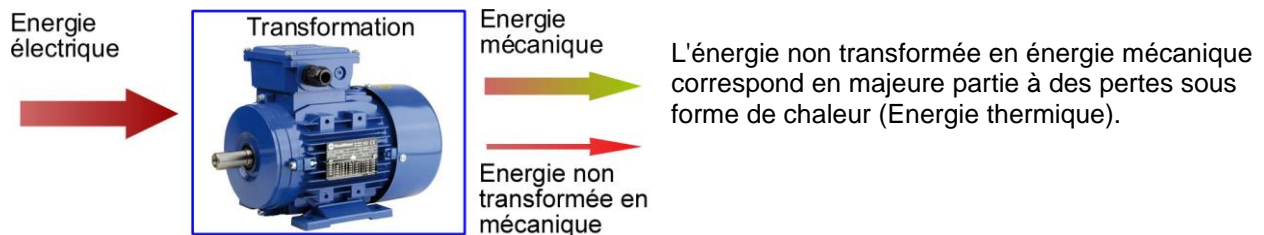
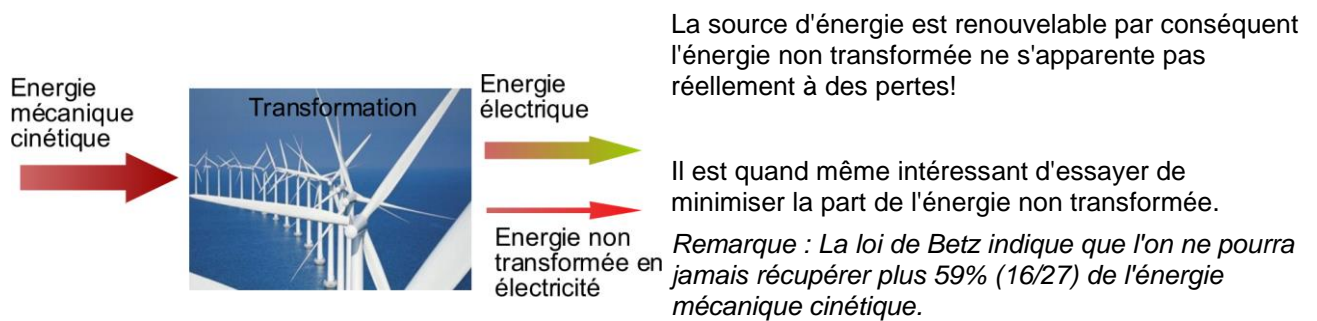
Les seules choses que l'on sait faire c'est :

- ▶ Transformer / Convertir l'énergie (lui changer de forme)
- ▶ Transférer / Transporter l'énergie d'un corps ou d'un système vers un autre.

La transformation d'une énergie en une seule autre n'est jamais intégrale



Exemple





La source d'énergie est renouvelable par conséquent l'énergie non transformée ne s'apparente pas réellement à des pertes!

Il est quand même intéressant d'essayer de minimiser la part de l'énergie non transformée.

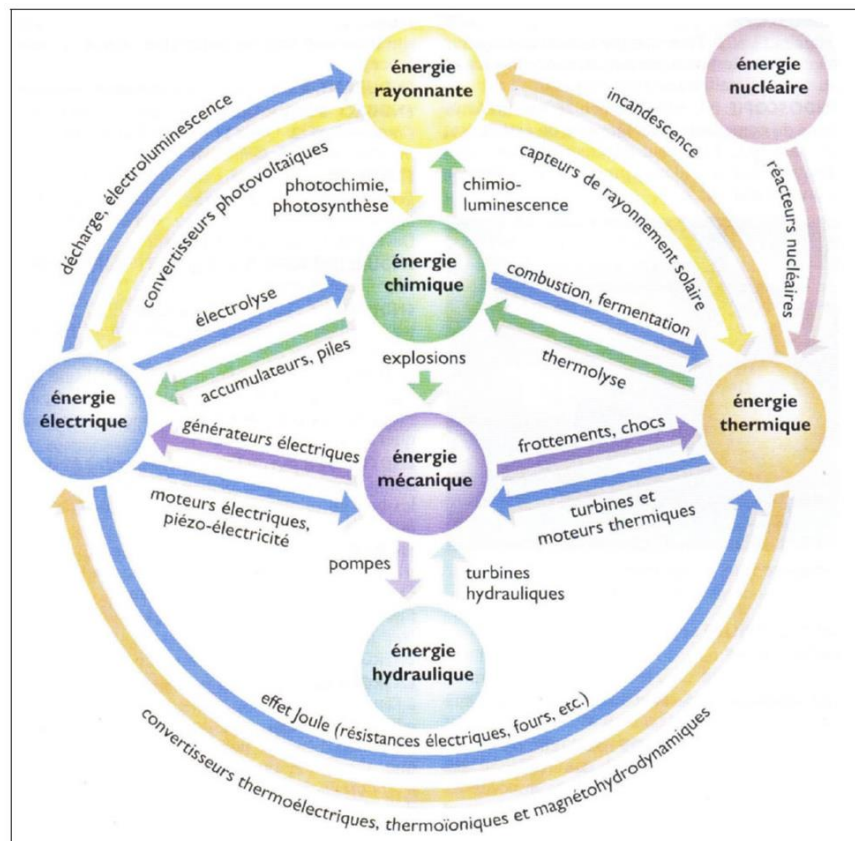
*Remarque : L'irradiation (Energie de rayonnement) en France est comprise entre 1000 et 1950kWh.m⁻².an⁻¹
L'irradiance (puissance de rayonnement) maximale en France est de l'ordre de 1000W.m⁻² à 12h00 heure solaire.*

Les rendements actuels des panneaux photovoltaïques permettent de transformer / convertir environ 20% de cette puissance



L'énergie non transformée en électricité correspond à de l'énergie thermique.

Les transformations d'énergie



Source : http://alainrobichon.free.fr/cours/Physique/Energie_puissance.pdf

Quatre interactions fondamentales

Pour "produire" de l'énergie il faut de la matière (de l'air, de l'eau, du charbon, du pétrole, de l'uranium etc...).

Question : De quelle quantité de matière avons nous besoin pour "produire" par exemple 1kWh?

Illustration :

- ▶ 1kWh c'est l'énergie qu'il faut à un homme pour escalader le Mont Blanc depuis Chamonix



- ▶ 1kWh c'est l'énergie cinétique d'un camion de 10 tonnes qui roule à 100km.h⁻¹



Réponse : il y en a plusieurs... tout dépend de l'interaction que l'on va utiliser!

L'interaction gravitationnelle

1kWh \propto qlq 10 Tonnes de matière

Illustration :

- ▶ 1kWh c'est l'énergie cinétique de 10 tonnes d'eau lâchée à 40 m d'altitude



- ▶ 1kWh c'est l'énergie cinétique de 20 000m³ d'air (27 tonnes) à 60km.h⁻¹



L'interaction électromagnétique

1kWh \propto qlq 1kg de matière

Illustration :

▶ Combustion chimique : 1kWh c'est l'énergie délivrée par 0,1kg de carburant



▶ Biologique ou calorique : 1kWh c'est l'énergie d'un bon repas soit près d'1kg d'aliment.



▶ Calorifique : 1kWh c'est l'énergie nécessaire pour faire fondre 1kg de glace ou faire bouillir 1,5kg d'eau

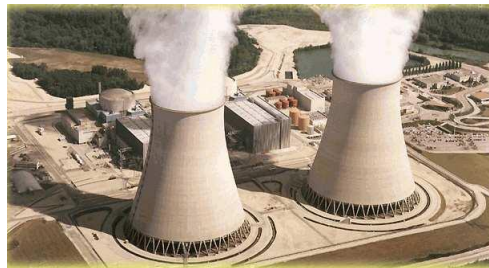


L'interaction nucléaire faible

Fission :

Principe maîtrisé et utilisé dans les centrales nucléaires

1kWh \propto qlq 10mg d'uranium



Fusion :

Principe non maîtrisé

1kWh \propto qlq 10 μ g d'uranium



Remarque : le soleil essentiellement composé d'hydrogène est un très mauvais réacteur nucléaire fonctionnant sur la fusion d'hydrogène qui se produit très rarement. L'énergie fournie par le soleil est de l'ordre de 800Wh.m⁻³ soit 1kWh pour 1.25m³ de soleil!!!

Heureusement qu'il fonctionne avec l'interaction faible sinon au lieu de vivre quelques milliards d'année il n'aurait vécu que 1 million d'année!! Oups

Le fonctionnement du soleil est basé sur la fusion

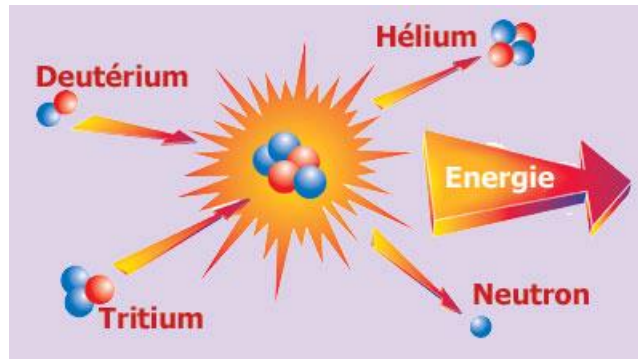
L'interaction nucléaire forte

Fusion :

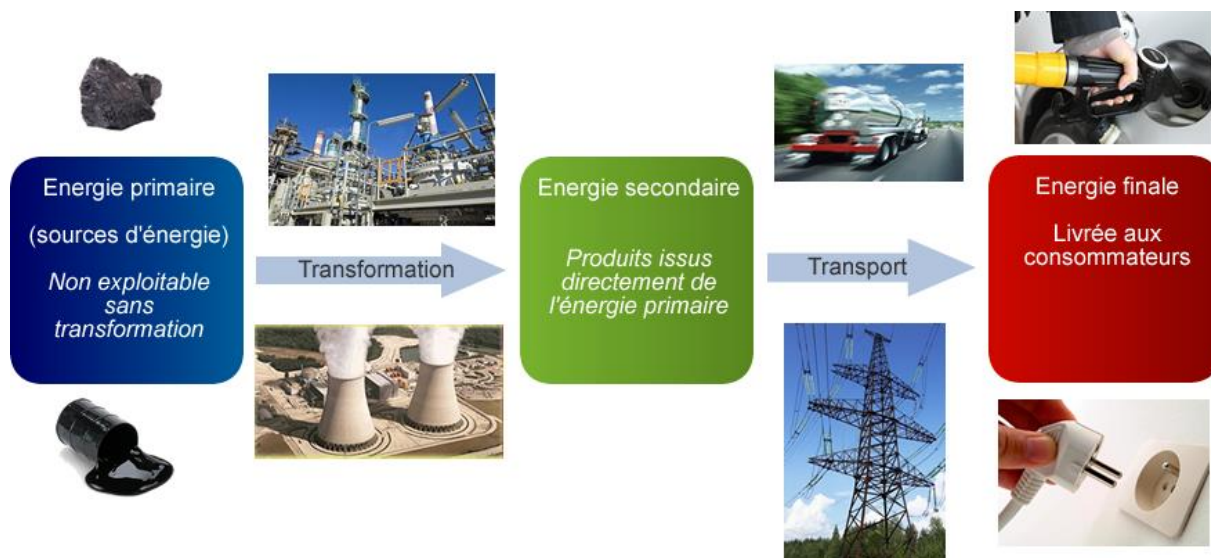
**1kWh \propto qlq 1 μ g de
combustible**

exemple : 1,1g de Lithium et 320mg de
Déutérium (présent dans 10 litres d'eau de
mer) permettraient de produire 80GJ
(consommation annuelle d'un Européen !!)

Principe non maîtrisé



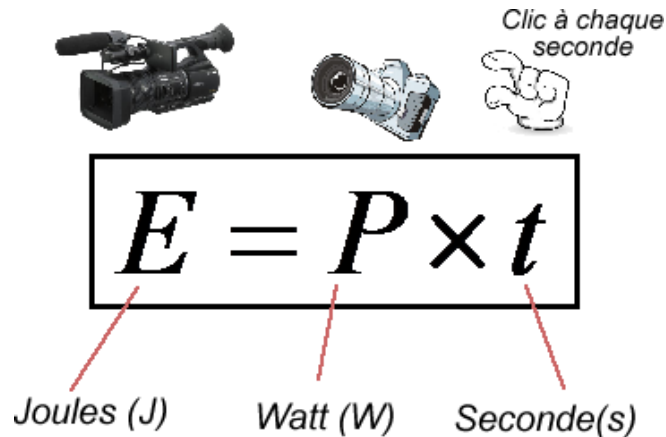
L'énergie sous toutes ses formes



Énergie Primaire (sources d'énergie)	Énergie Secondaire	Énergie Finale
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fossile <ul style="list-style-type: none"> ▶ Pétrole ▶ Gaz Naturel ▶ Charbon ▶ Fissiles <ul style="list-style-type: none"> ▶ Uranium ▶ Géothermie (énergie thermique du centre de la terre) ▶ Solaire (Energie portée par les ondes électromagnétiques) ▶ Eolienne (énergie liée à la circulation d'air, le vent en l'occurrence) ▶ Hydraulique (Energie liée à la circulation de l'eau) <ul style="list-style-type: none"> ▶ Eau des mers ▶ Eau des lacs ▶ Eau des rivières ▶ Biomasse <ul style="list-style-type: none"> ▶ arbre ▶ végétaux de tout type. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Electricité ▶ Chaleur ▶ Fuel ▶ Essence ▶ Kérosène ▶ Gazoil 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Electricité ▶ Chaleur ▶ Gaz de réseau ▶ Essence ▶ Gazoil ▶

La puissance

L'énergie correspond au produit de la puissance pendant le temps de fonctionnement



$E = P \times t$

Joules (J) Watt (W) Seconde(s)

► La puissance correspond à un **débit** exprimé Watt (W).

$1W=1J.s^{-1}$ Il s'agit bien d'un débit d'énergie!

Illustration : vitesse à laquelle la nourriture est mangée (débit de nourriture, débit d'énergie)



Lequel des deux contient le plus d'énergie ?



La réponse peut surprendre. Ce qui différencie les deux c'est que la puissance de la TNT est extrêmement élevée dès lors qu'il est en contact avec l'air. L'intégralité de son énergie est alors libérée en une fraction de seconde!

Petit exercice :

Un faisant quelques hypothèses....



Calculer la puissance libérée par 1kg de pétrole si l'on fait l'hypothèse qu'il se consume en 10 minutes



De même pour la TNT en faisant l'hypothèse sans doute erronée que la TNT libère son énergie en 1/1000 seconde (très certainement plus rapide que cela!)

Rendements Energétique et Instantané

Le rendement (η : éta) est un nombre sans dimension et caractérise qualité de la transformation.

Il faut distinguer :

Le rendement énergétique

→ le calcul est fait sur les énergies



On mesure ("on enregistre") les énergies et on procède au calcul

$$\eta_e = \frac{E_u}{E_{abs}} = \frac{E_u}{E_u + E_{loss}}$$

Reflète la réalité

Le rendement instantané

→ le calcul est fait sur les puissances



On mesure ("on prend une photo") les énergies qui transigent par seconde (donc les puissances) et on procède au calcul

$$\eta_p = \frac{P_u}{P_{abs}} = \frac{P_u}{P_u + P_{loss}}$$

Ne Reflète pas toujours la réalité

Attention ! il y a un risque dans l'interprétation des résultats...tout dépend du moment auquel vous prenez "la photo" (autrement dit au moment où vous faites la mesure des puissances)






Exemple : Cas d'un panneau solaire photovoltaïque (PV) :

Prenons 2 cas :

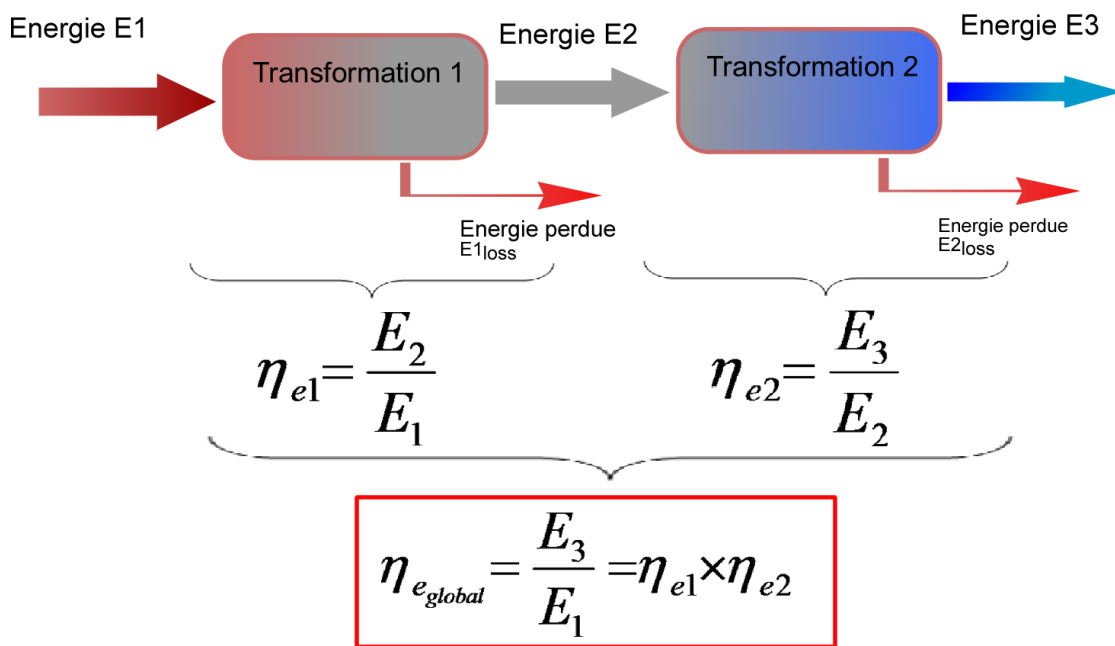
- ▶ Une première équipe qui mesure les performances du PV par mesure d'énergies
- ▶ Une deuxième équipe qui mesure les performances du PV par mesure de puissances

Il s'agit du même panneau photovoltaïque dans les deux cas...

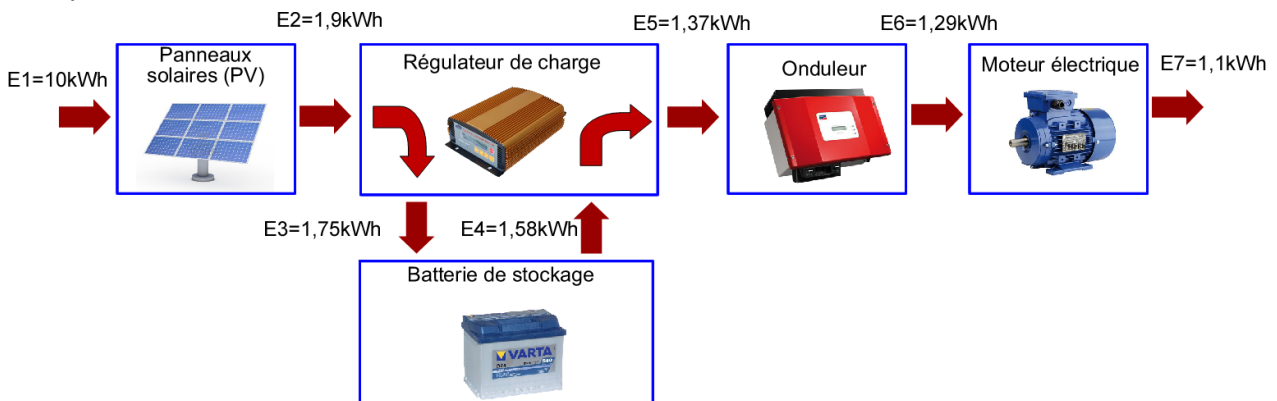


 Première équipe <u>Conditions de mesure :</u> <ul style="list-style-type: none">▶ Mesure sur toute une journée.▶ Mardi 3 avril 2012▶ Création de masque dû à quelques arbres▶ Temps ensoleillé avec quelques nuages <u>Résultat de la campagne de mesure :</u> <ul style="list-style-type: none">▶ Energie absorbée : 4 kWh▶ Energie utile : 0,47 kWh▶ Calcul du rendement énergétique : 	 Deuxième équipe <u>Conditions de mesure :</u> <ul style="list-style-type: none">▶ 11h00 heure solaire▶ Mardi 3 avril 2012▶ Pas de masque solaire lors de la mesure▶ Pas de nuage. <u>Résultat de la campagne de mesure :</u> <ul style="list-style-type: none">▶ Puissance absorbée : 850 W▶ Puissance utile : 153 W▶ Calcul du rendement instantané : 
<u>Constations et critiques :</u> <ul style="list-style-type: none">▶ Constations : Les rendements sont différents et pas bons! (Aux jours d'aujourd'hui les rendements sont mauvais pour les PV et ne dépassent guère les 20%!!)▶ Critiques :  <ul style="list-style-type: none">▶ D'où vient cette différence? <ul style="list-style-type: none">▶ ...▶ ...▶ ...	

Chaîne énergétique "Série"



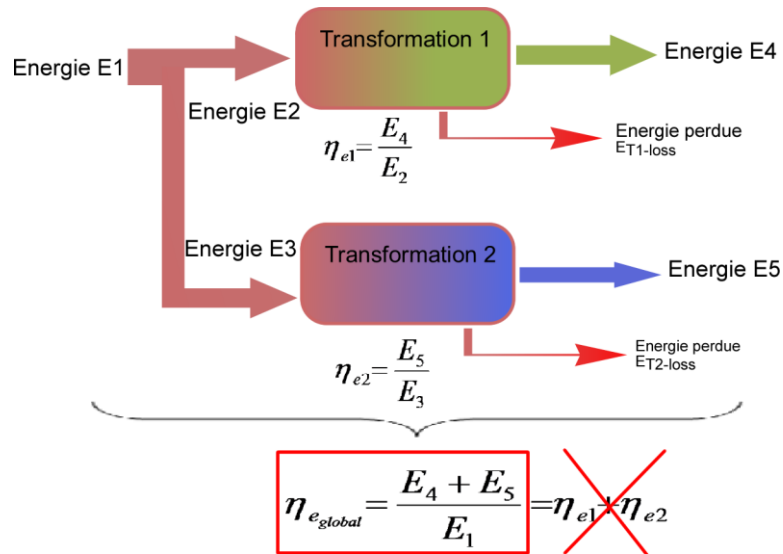
Exemple :



- Calculer le rendement énergétique de chaque système ainsi que le rendement global. Définir lequel des systèmes est le plus pénalisant de la chaîne d'énergie.



Chaîne énergétique "Parallèle"



Exemple : Soit l'installation suivante

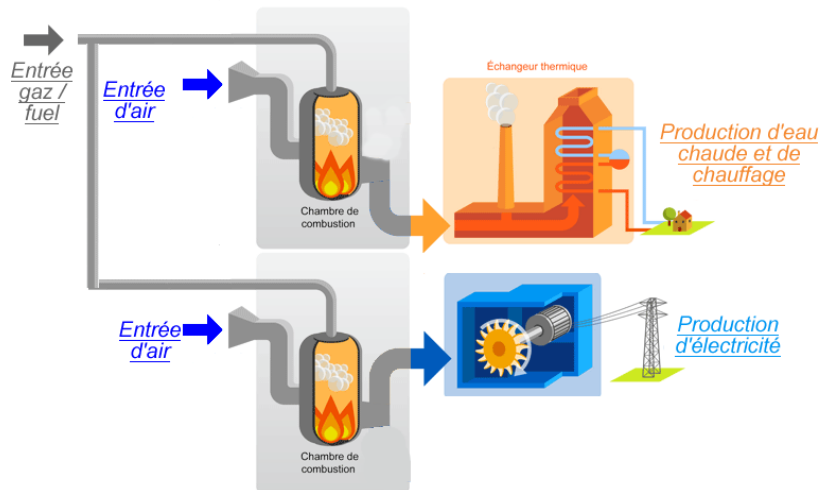
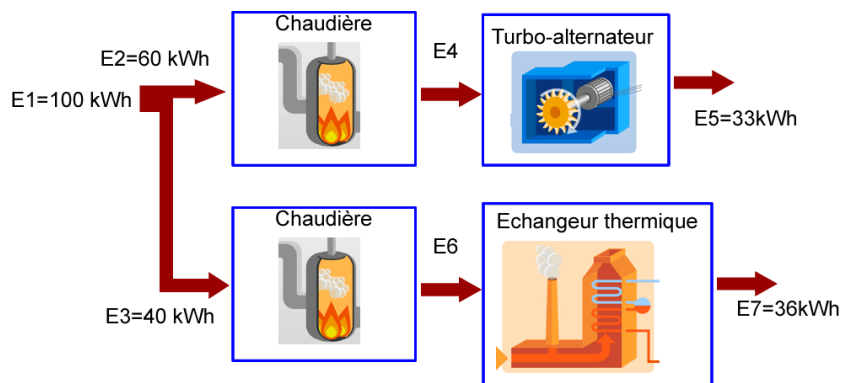


Schéma de la chaîne d'énergie :

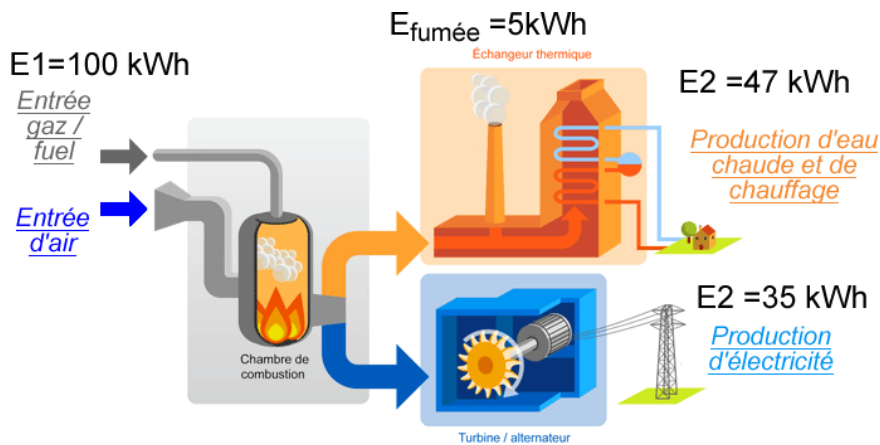


► Calculer le rendement énergétique de chaque système ainsi que le rendement global



Chaîne énergétique "Mixte"

Exemple : Cogénération



► Calculer le rendement énergétique global de la cogénération



► Comparer les performances de la cogénération par rapport à l'installation précédente.



► Où serait-il possible de récupérer encore un peu d'énergie



Complément :

Rendement sur cycle de vie :

Notion nouvelle incluant l'énergie grise

B. Multon introduit dans son document le rendement du cycle de vie incluant l'énergie grise comme étant :

$$\eta_e = \frac{E_{u_life}}{E_{u_life} + (E_{losses_life_p} + E_{fab+recyl_p})}$$

Conséquence : inutile d'améliorer les performances d'une chaîne d'énergie par la mise en place d'un sous-système si les énergies nécessaires à sa fabrication et à son recyclage sont supérieures aux gains envisagés!