

# Plan Chap1: Concept général d'énergie

## Partie 1

### Introduction : Thermodynamique / Énergie

1. Histoire de la thermodynamique
2. Définitions et terminologies
  - Formes de l'énergie
  - Propriétés de l'énergie
  - Transformations de l'énergie

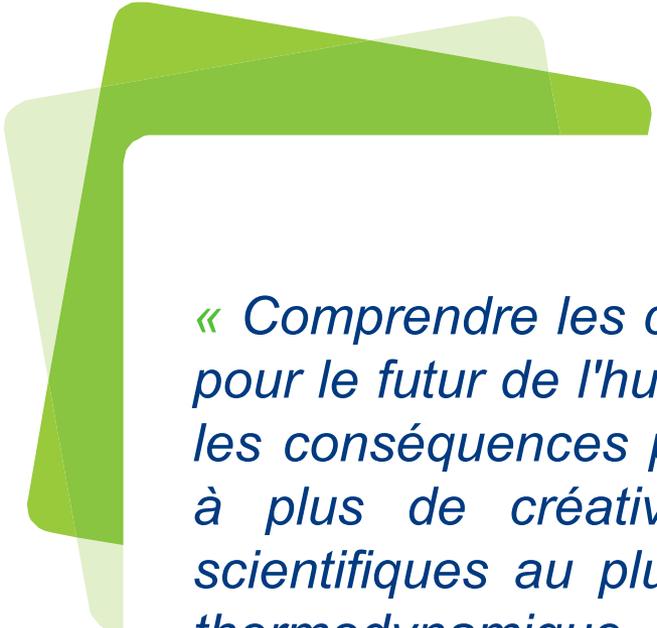
## Partie 2

### Énergie potentielle – Dérivées et différentielles



# Partie 1

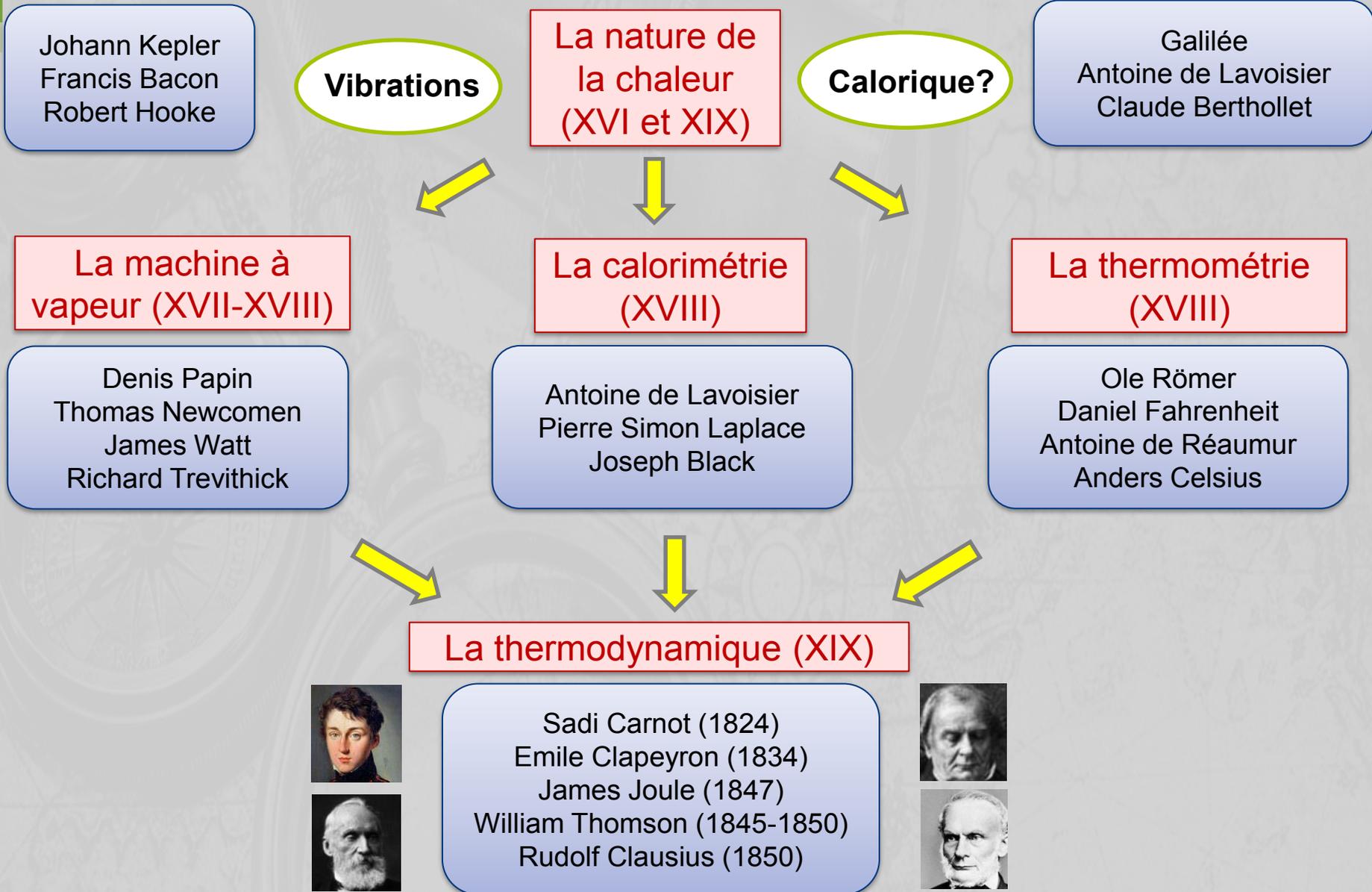
## Introduction : Thermodynamique / Énergie

A decorative graphic element consisting of several overlapping, semi-transparent green shapes. One shape is a large, dark green L-shaped bracket that frames the top-left corner of the text area. Other shapes in lighter shades of green are layered behind it, creating a sense of depth and movement.

*« Comprendre les concepts de thermodynamique est vital pour le futur de l'humanité. La crise énergétique à venir et les conséquences potentielles sur le climat nous obligent à plus de créativité, d'innovations technologiques et scientifiques au plus haut niveau. Cela veut dire que la thermodynamique est un domaine que les meilleurs cerveaux de demain doivent apprendre à maîtriser dès aujourd'hui. »*

*S. J. Blundell*

# Histoire de la thermodynamique





# Définitions et terminologies



# Définition

Thermodynamique (Etude des transformations de l'Énergie)

(Thermo=chaleur, Dynamis=mouvement)

- Une science pour décrire les processus de transformation de l'énergie et de changement de propriétés de la matière.
- Un outil d'ingénierie pour analyser/décrire la performance des systèmes comportant la production et la transformation de l'énergie.

## Sondage1 : Qu'est-ce que l'énergie ?

1-Une puissance?

Puissance physique de quelqu'un, qui lui permet d'agir et de réagir

2-Une force?

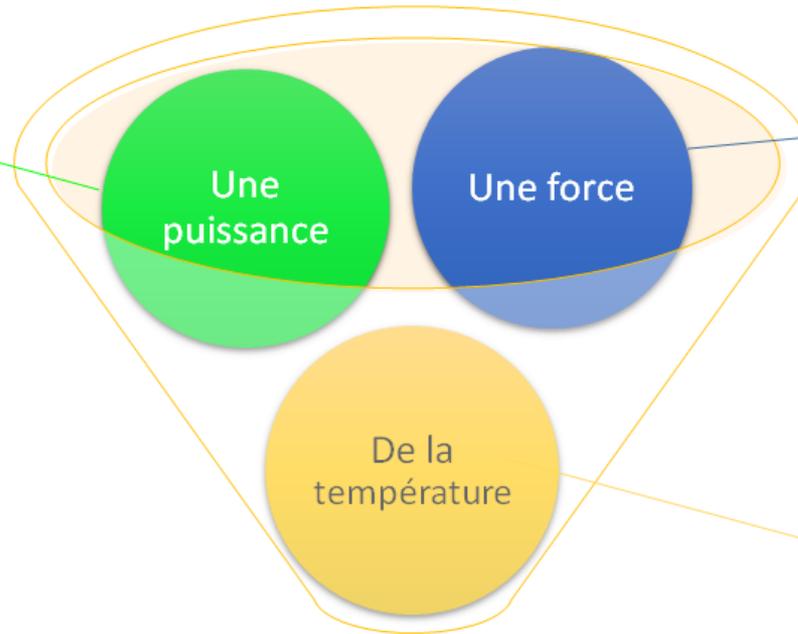
Volonté tendue vers une action déterminée ; une force morale

3-Un concept

4-Une grandeur caractéristique de l'agitation microscopique d'un système.

# Réponse :

La puissance caractérise la vitesse d'un transfert d'énergie. Elle s'exprime en Watt (W). C'est l'énergie transférée en 1 seconde.



Une force modélise une action.  
Action de contact : pousser, tirer, tenir, retenir... ou action à distance : attirer, repousser...  
La force s'exprime en Newton (N)

La Température est une grandeur caractéristique de l'agitation microscopique d'un système.  
S'exprime en degrés Celsius ou kelvin ou Fahrenheit .

**L'énergie n'est pas mesurable directement  
Sa présence est attestée par des changements**

# Etymologie de l'Energie

Energie vient de la racine grec *Energeia* (en= « dans » et ergon=« action ») signifie donc « Force en action ».

Force = Interaction entre 2 objets

Utilisé la 1<sup>ère</sup> fois par Thomas YOUNG dans des travaux d'optique en 1807.



Thomas Young

L'Energie est un concept



On ne mesure pas l'Energie, on constate ces effets lorsqu'elle agit (se transforme)

## Quelques formes de l'énergie

- ❖ Energie rayonnante
- ❖ Energie chimique
- ❖ Energie mécanique
- ❖ Energie thermique
- ❖ Energie électrique
- ❖ Energie nucléaire
- ❖ Energie hydraulique
- ❖ Energie éolienne ....

...Liste non exhaustive

# Formes de l'énergie

## Energie cinétique

Mouvement d'une masse

## Energie potentielle

Energie présente « en puissance » dans un système et peut être libérée par un changement d'état

## Energie électromagnétique

Energie portée par les ondes électro-magnétiques en quanta d'énergie appelés photons (ex: énergie de la lumière ou ondes radios)

## Energies macroscopiques

→ caractérisent l'ensemble d'un système :  
son mouvement global, ses effets extérieurs (la gravité, le magnétisme, l'électricité...)

NB: On s'intéresse dans notre cours à l'énergie cinétique ( $E_c$ ) ou potentielle ( $E_p$ )

## Energies microscopiques (Energie interne U)

→ caractérisent l'activité moléculaire d'un système:  
La somme de toutes les énergies à l'échelle microscopique (cinétique et potentielle des molécules, des atomes, des nucléons et des électrons, et de l'énergie qui les lie entre eux)  $\Delta U = (\Delta E_p + \Delta E_c)_{\text{micro}}$

**Principe de Conservation :**  $\Delta E_{\text{tot}} = \Delta U + \Delta E_p + \Delta E_c$



Remarque : Quelle est  
l'expression de l'énergie  
potentielle?

## Sondage2 : Quelle est l'expression de l'énergie potentielle?

1-  $E_p = m\Phi(\mathbf{r})$

2-  $E_p = mgz$

3-  $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

4-  $E_p = qV$

## Sondage2 : Quelle est l'expression de l'énergie potentielle?

1-  $E_p = m\Phi(\mathbf{r})$

2-  $E_p = mgz$

3-  $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

4-  $E_p = qV$

**Réponse** : Toutes ces expressions présentent des énergies potentielles

1-L'énergie potentielle gravitationnelle ( $\Phi$  est le potentiel gravitationnel)

2-L'énergie potentielle de pesanteur

3-Énergie potentielle élastique avec  $k$  la constante d'élasticité (raideur du ressort)

4-Énergie potentielle électrostatique et  $V$  est le potentiel électrostatique

# Formes de l'énergie

## Energie cinétique

Mouvement d'une masse

## Energie potentielle

Energie présente « en puissance » dans un système et peut être libérée par un changement d'état

## Energie électromagnétique

Energie portée par les ondes électro-magnétiques en quanta d'énergie appelés photons (ex: énergie de la lumière ou ondes radios)

# Unités de l'énergie

**Le Joule (unité S.I)**

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N.m} = 1 \text{ W.s}$$

**Le calorie**

C'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 gramme d'eau pour augmenter sa température de 14.5 à 15.5°C

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$



James Joule



James Watt

❖ *Autres unités :*

Le wattheure :  $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

La tonne équivalente pétrole :  $1 \text{ tep} = 11.6 \text{ MWh}$

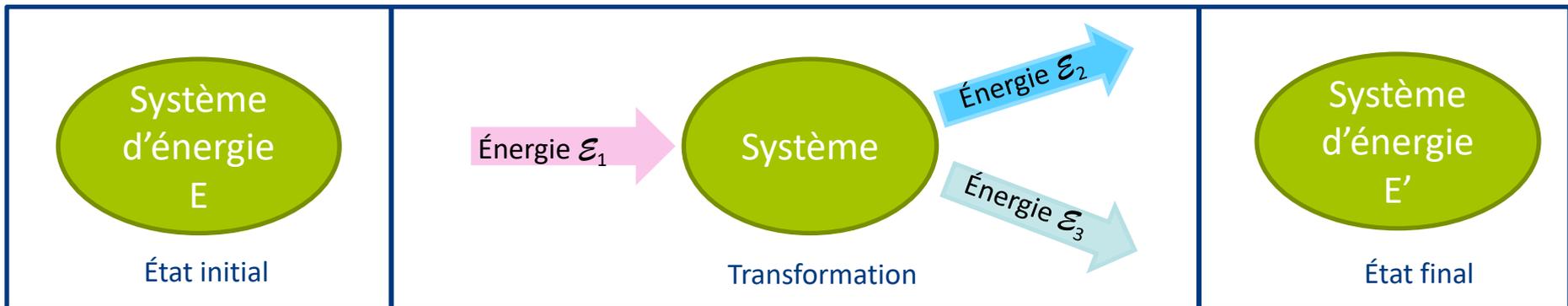
La thermie :  $1 \text{ th} = 1 \text{ Mcal}$

L'électronvolt :  $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Le british thermal unit :  $1 \text{ Btu} = 2.9 \cdot 10^{-4} \text{ kWh}$

# Propriétés de l'énergie : conservation et conversion

*« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »  
- Antoine Lavoisier -*



➔ L'énergie se conserve : la somme de toutes les énergies = 0

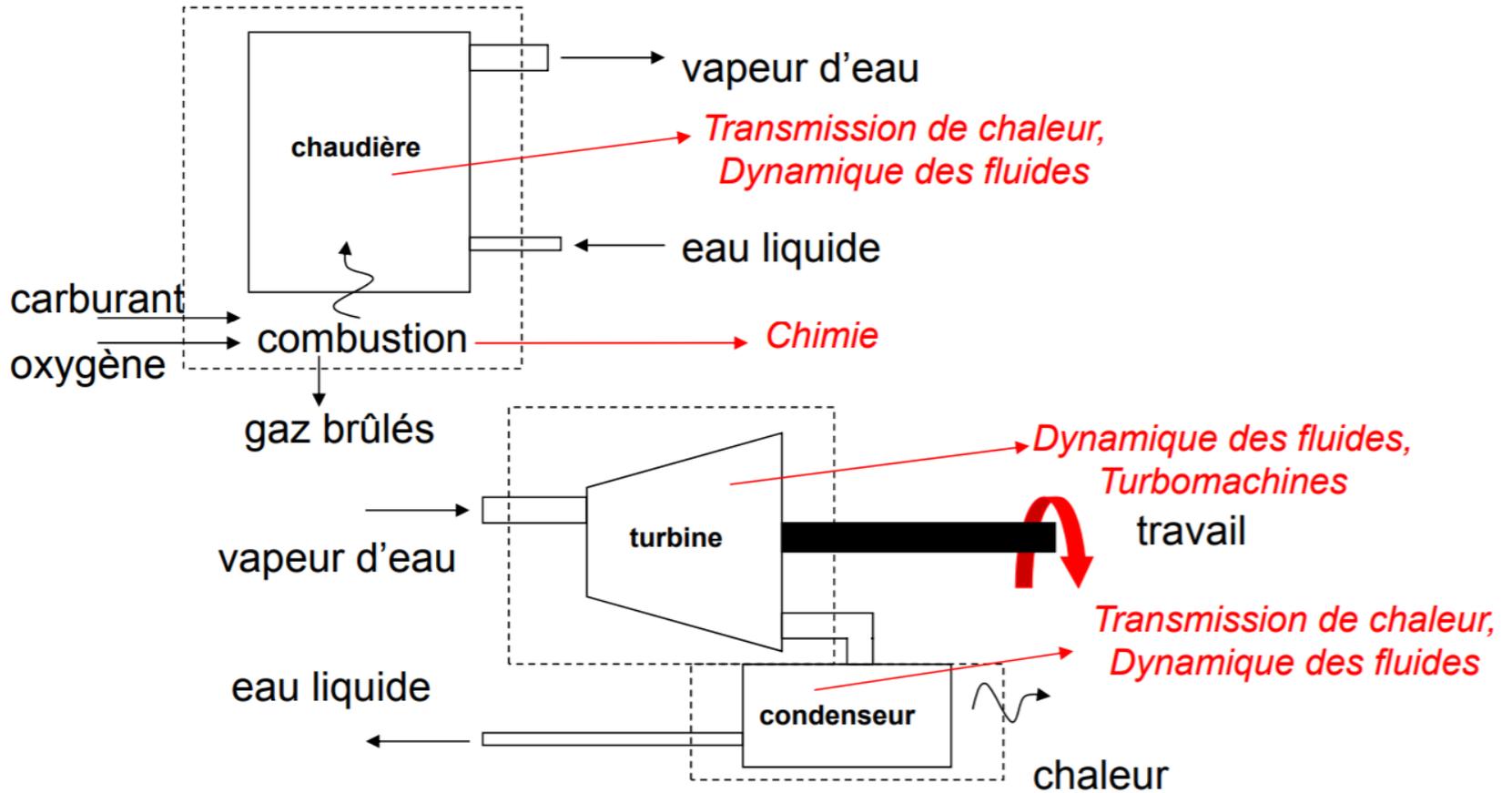
somme des énergies reçues

+

somme des énergies cédées

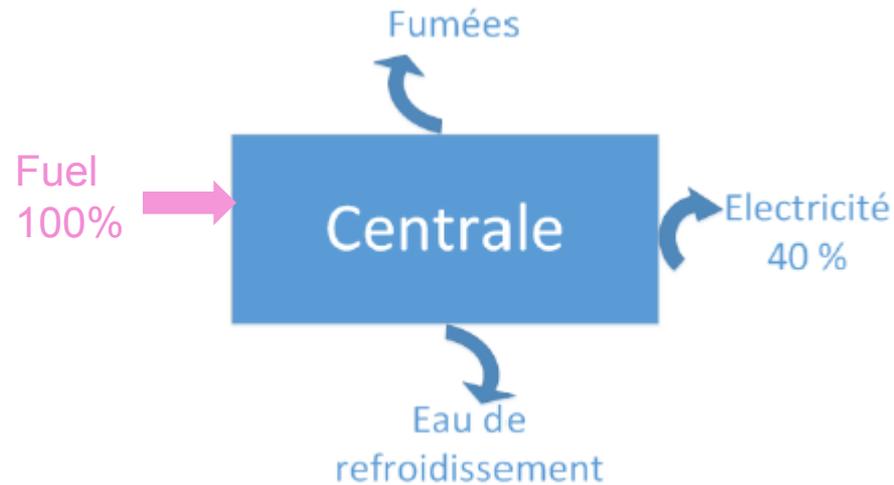
= 0

# Exemple : centrale thermique



➔ L'énergie se conserve : la somme de toutes les énergies = 0

$$\text{somme des énergies reçues} + \text{somme des énergies cédées} = 0$$



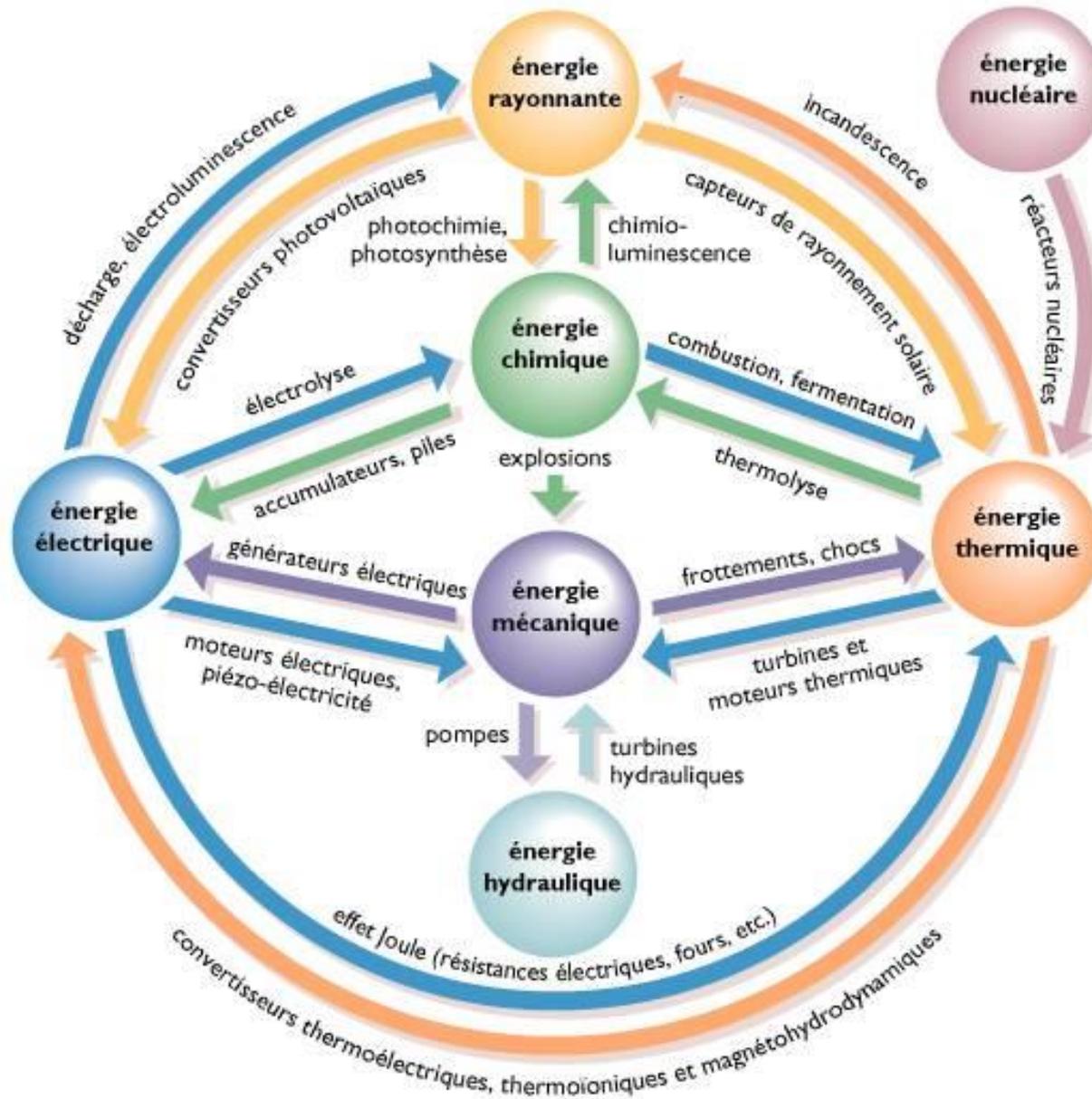
$$\begin{aligned} & \left( \text{Énergie fournie par le fuel} \right) + \left( \text{Énergie transformée en électricité} \right) \\ & \quad + \left( \text{Énergie rejetée dans les fumées} \right) \\ & \quad + \left( \text{Énergie rejetée au refroidissement} \right) = 0 \end{aligned}$$

➔ Convention de Banquier : signe de l'énergie

La variation de l'énergie du système = somme des énergies reçues – somme des énergies cédées

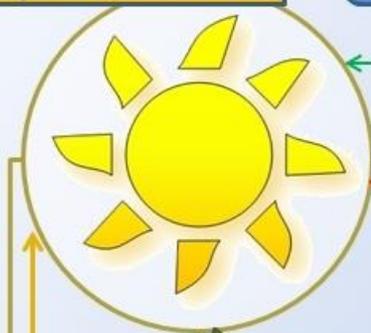
Lorsque le système *reçoit* de l'énergie, cette dernière est comptée *positivement*. A l'inverse, lorsque le système *cède* de l'énergie, cette dernière est comptée *négativement*.

# Les transformations de l'énergie

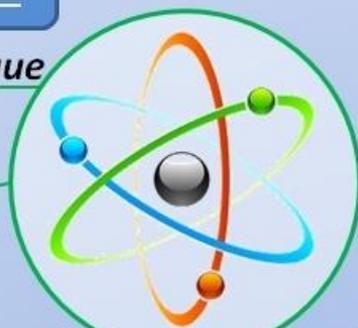


# Les différentes formes de l'énergie...

Rayonnement

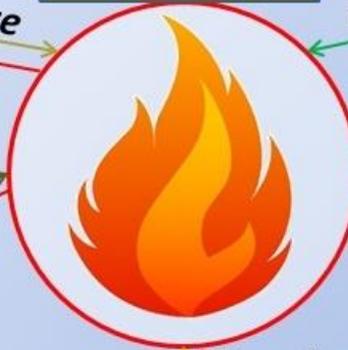


Rayonnement électromagnétique



Nucléaire

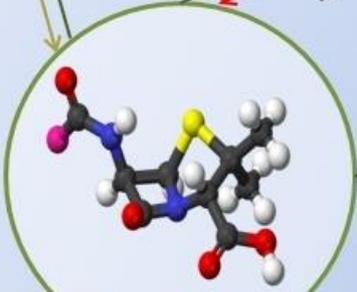
Thermique



Mécanique



Chimique



Electrique



Cinétique



Echauffement solaire

Fusion / Fission

Incandescence

Chimioluminescence

Combustion

Thermolyse

Moteur / Turbine

Frottements

Photo-synthèse

Transformation  
Thermoélectrique

Explosion

Effet joule

Barrage/  
Eolienne

Pile / Batterie

Electrolyse

Moteur électrique

Alternateur

Pompe

Photovoltaïque

Electroluminescence (LED)

... Et ses transformations.

# Les 2 principes de l'énergie

Principe de Conservation : 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique

Principe selon lequel l'énergie totale d'un système isolé reste constante.

Principe de Conversion :

La transformation d'une énergie en une « seule » autre forme d'énergie n'est jamais intégrale.



Rendement de conversion (2<sup>nd</sup> principe de la thermodynamique)



## Partie 2

# Énergie potentielle – Dérivées et différentielles



Deux catégories de forces:

**Forces conservatives** pour lesquelles l'intégrale est indépendant du chemin suivi. L'énergie potentielle est dans ce cas unique

**Forces non-conservatives** pour lesquelles l'intégrale dépend du chemin suivi qui n'admettent donc pas d'énergie potentielle.

# Méthode de résolution de problèmes :

## **Approche systématique pour résoudre des problèmes en Physique en général et en thermodynamique en particulier:**

- 1) Résumez le problème dans vos propres mots: pour vous assurer de le comprendre et de savoir ce qui est demandé.
- 2) Faites un schéma physique du système, incluant les informations connues et dessinez les interactions avec l'environnement.
- 3) Écrivez une liste des hypothèses/suppositions que vous allez faire pour simplifier le problème. Justifiez au besoin.
- 4) Définissez le système et y appliquez les principes physiques, utilisant les hypothèses/suppositions en (3) pour les simplifier.
- 5) Obtenir les propriétés manquantes par les équations d'état ou tables (indiquez la source)
- 6) Remplacer les valeurs en (2) et (5) dans les équations dérivées en (4) pour calculer la solution. Utiliser le principe d'homogénéité des unités pour vérifier les équations.
- 7) Assurez-vous que les résultats sont raisonnables, et s'ils le permettent, vérifiez certaines des hypothèses