

Un peu de Science pour comprendre le monde moderne

L'énergie dans tous ses états

[Bernard Remaud](#)

bernard.remaud@univ-nantes.fr
<https://www.un-peu-de-physique.fr>



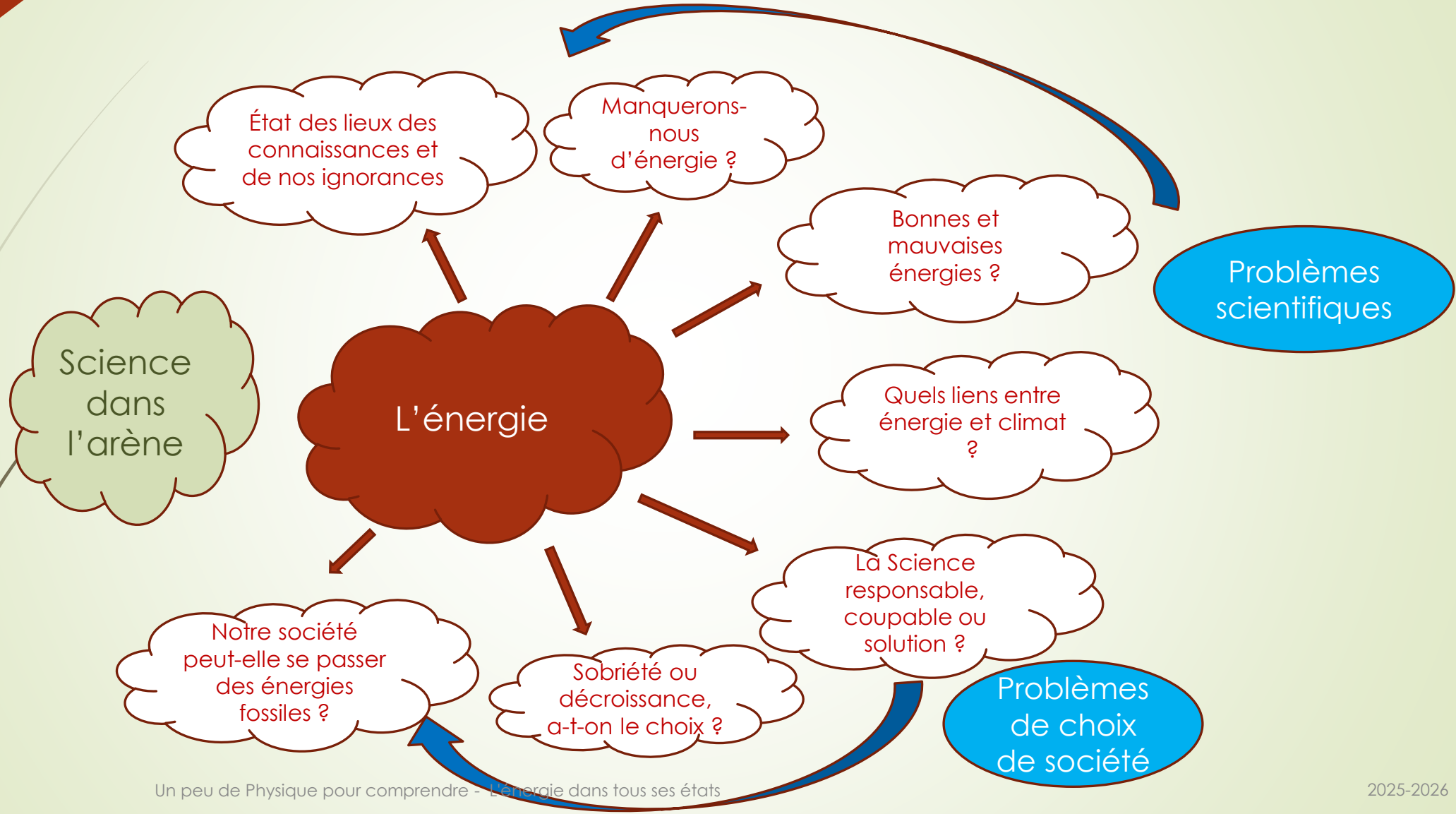
La chaîne YouTube



Le blog

L'énergie dans tous ses états

Ch 0 – Mise en perspective



Énergie

« Quantité numérique **qui ne change pas** lorsque quelque chose arrive » (Richard Feynman)



Richard Feynman,
by Tamiko Thiel, [CC By-SA](#)

Énergie

Capacité à d'un système à évoluer et/ou agir sur son environnement : effectuer un travail, donner du mouvement, changer l'état de la matière, varier la température, ...

L'énergie

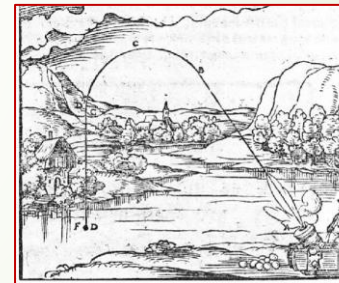
Un concept récent (J. Bernoulli, vers 1717)

« L'énergie est le produit de la force appliquée à un corps par le déplacement infinitésimal subi par ce corps sous l'effet de cette force »

Concept inséparable de la notion de conservation

Auparavant, de multiples approches partielles :

- Le **phlogistique** : fluide pour expliquer la combustion
- Le **calorique** : fluide s'écoulant des corps chauds vers les corps froids
- La **force vive** : qu'un mobile « consomme » dans son mouvement
- ...



Trajectoire d'un boulet de canon
by [S. Viscardy CC BY-SA](#)

L'énergie se présente sous plusieurs formes

→ difficulté de faire les bilans d'énergie

De quoi l'énergie est-elle le nom ?

Les sources de l'énergie dans l'infiniment petit (quantique)



Image d'un atome by Ysmo, CC BY-SA

Processus physiques microscopiques

De quoi parle-t-on ?

Énergies utiles

L'énergie utilisée par l'utilisateur



Lampe à incandescence par Anton Fomkin, sous licence CC BY 2.0



Four à micro-onde, par Pavel Ševela sous licence CC BY-SA 3.0

Énergies à l'échelle macroscopique

Les formes de l'énergie – à notre échelle – (« produites » ?)

Énergies finales

Les énergies disponibles pour l'utilisateur

Centrale au charbon <https://www.connaissancedesenergies.org/> CC BY-SA ©Pixabay



Linky- Compteur communicant

Les différentes formes macroscopiques de l'énergie à notre échelle

6



[3 baguettes](#) by Jules:stonesoup
CC BY 2.0



[Piles et accus](#) by Brianac
Public domain



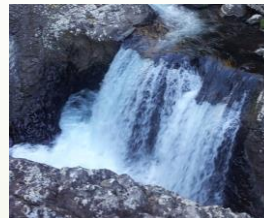
[Laser show](#) by Nakonana
CC BY SA 4.0



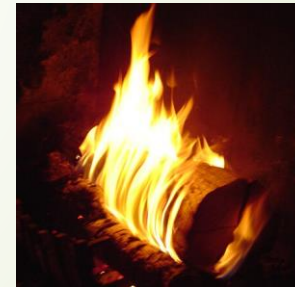
[Soleil](#) by NASA
Public domain



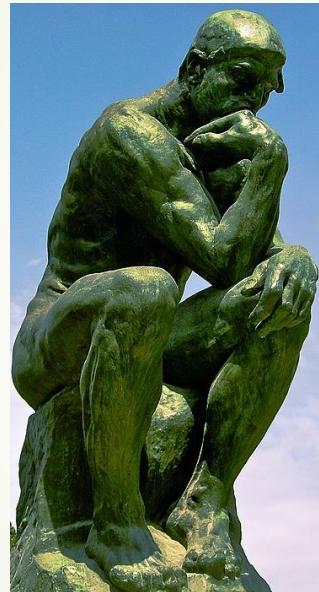
[Ligne haute-tension@Semnoz](#) by Guilhem Vellut
CC BY 2.0 generic



[Chute d'eau](#) by regulator974
CC BY-SA 3.0



[Feu de cheminée](#) Public domain



Penseur de Rodin by Andrew
Horne Public domain

Comprendre et
gérer cette
diversité des
formes
d'énergies à
notre échelle

Et si la clé
était dans
l'infiniment
petit ?

Une loi universelle (1850, 1905)

À toutes les échelles (de l'Atome à l'Univers)
l'énergie est toujours conservée**

L'énergie n'est pas
produite
Elle est transformée

De son *origine* jusqu'à sa fin, l'Univers conservera la même
quantité d'énergie

** En mécanique quantique, l'énergie peut fluctuer sur des courtes échelles de temps,
mais reste constante en moyenne.



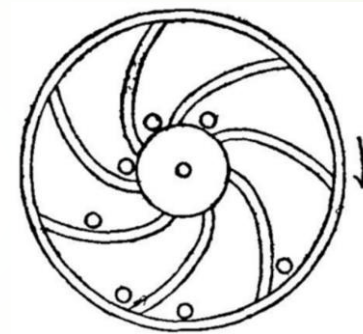
[Emily Noether](#) – Public domain

Energie

Une **propriété de tous les systèmes physiques**, qui est multiforme, mais se transmet et se transforme tout en étant strictement conservée*.



[Le Figaro](#) by M.Golla



[Mouvement perpétuel](#) Public domain

Une méconnaissance du concept d'énergie et des lois qui la gouvernent...

* Au début du XX^{ème} siècle, E. Noether démontrera que ces propriétés sont liées à une symétrie fondamentale de l'espace-temps

Mesurer c'est étalonner, comparer à un étalon

La vie courante

- Se déplacer, commercer, arpenter
 - Commercier, répartir
 - Organiser la vie quotidienne, puis les déplacements
- les **longueurs** (aires, volumes)
→ les **poids** (quantités de matière)
→ le **temps** (qui passe)

La vision scientifique (fin du XIX^{ème} siècle, revisitée)

- Le référentiel des phénomènes physiques :
 - le temps **T**
 - l'espace **L**
- Les « charges » des interactions fondamentales :
 - La masse **M**
 - La charge électrique **Q**
- La thermodynamique
 - La température **θ**
- Pour être complet, il faut ajouter l'intensité lumineuse **J**

L'énergie ne fait pas partie des grandeurs fondamentales

Historiquement (Avant la Révolution française) - voir « [mesures dans l'ancien régime](#) » (wikipedia) :

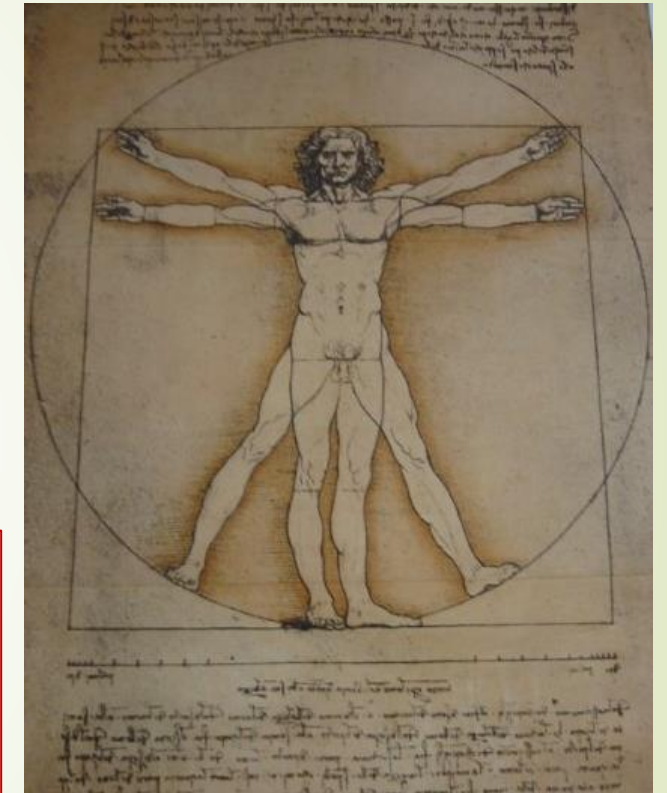
- L'étalon pour les **longueurs** est l'Homme (ou le prince) : le pouce, le pied, la coudée, l'empan, l'aune, ou la toise
- Pour les **aires** : pieds carrés, arpent ou l'acre (L'arpent est la valeur de ce qu'un homme avec 2 ou 3 chevaux, selon la force des terres, peut labourer en un jour), etc.
- Pour les **volumes**, il faut distinguer les matières sèches (boisseau, setier, muid..) des matières liquides (pinte, pied cube, muid...)
- Pour les **masses** (on disait poids): le grain, l'once, la livre (16 onces), le quintal (de 100 livres)
- Le temps **calé** sur les observations astronomiques (un pendule simple de 1 m « bat la seconde » - a une période d'environ 2 secondes)
- L'énergie – n'en parlons pas

L'énergie – au XIX^{ème} siècle

- « Grande » calorie (1824) : quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade la température d'un **kilogramme** d'eau**
- « Petite » calorie (1852) : quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade la température d'un **gramme** d'eau**

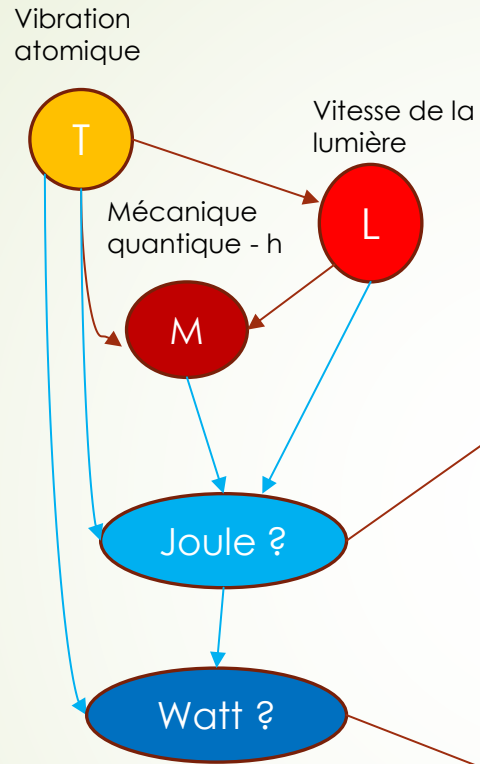
** dépend de la température de l'eau (voir page wikipédia « [calorie](#) »)

Désormais, utilisée dans l'alimentation : « calorie » = grande calorie = 1 kcal



L'homme de Vitruve (Léonard de Vinci)
[CC BY-SA 4.0](#)

Reflets de la physique N°62 – Juin 2019



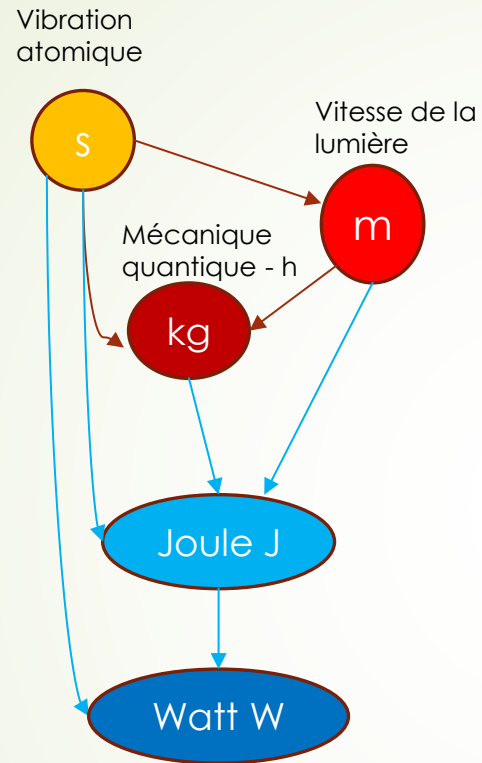
L'énergie n'est pas une grandeur fondamentale ; elle se déduit du temps (T), de la longueur (L) et de la masse M.

Une **énergie** est une grandeur liée aux grandeurs fondamentales : $M L^2 T^{-2}$

Une **puissance** = énergie par unité de temps est liée aux grandeurs fondamentales : $M L^2 T^{-3}$

Système international d'unités (SI – 2018)





Reflets de la physique N°62 – Juin 2019

Système international d'unités (SI – 2018)

L'unité de base est le Joule (J)

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$$

Une unité « petite » à notre échelle :

Monter un étage (80kg) = 2 000 J

Porter à 100° un litre d'eau (20°) = 335 000 J

Une **puissance** = énergie par unité de temps

L'unité de base est le Watt (W)

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Joule/seconde}$$

Unités dérivées

Énergie

- Les préfixes multiplicateurs **kJ, MJ, kW** etc.
- Pour l'atome, l'électron-Volt **eV** ; $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- Pour la chaleur, la calorie **cal** ; $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$
- Pour l'alimentation, la **grande Calorie** ; $1 \text{ Cal} = 4 180 \text{ J}$
- **Pour l'énergie domestique, le kWh ; $1 \text{ kWh} = 3 600 000 \text{ J}$**
- Pour les sources d'énergie, la tonne-équivalent-pétrole ;
 $1 \text{ tep} = 4,186 \cdot 10^{10} \text{ J}$
- Pour les explosions, la **tonne de TNT** = $4,184 \cdot 10^9 \text{ J}$

Puissance

- Les préfixes multiplicateurs **kW, MW, GW**
- Pour la mécanique, le cheval-vapeur **1cv** = 735,5 W

- 0,02-0,04 kW - puissance consommée par le cerveau humain.
 - 0,5 kW - puissance mécanique d'une personne travaillant dur physiquement (Armstrong dopé)
 - 1,1 kW - puissance maximale de rayonnement solaire sur 1 m² en Europe
 - 16-32 kW - puissance générée par la photosynthèse pour (rendement moyen 2%)
 - 40-200 kW - puissance mécanique des moteurs automobiles.
 - 500 kW - puissance typique maximale d'une éolienne
 - 9 100 kW - puissance mécanique d'un TGV
 - 1 600 000 kW - puissance électrique d'un réacteur nucléaire EPR
 - 25 000 000 000 kW - puissance moyenne des activités humaines (2020)
 - 174 000 000 000 000 kW puissance totale reçue par la Terre du Soleil
 - 386 000 000 000 000 000 000 000 kW Puissance émise par le soleil*
- (source wikipédia : ordres de grandeur des puissances)

*Cela représente 0,3 W/m³ ; un corps humain de l'ordre de 1500 W/ m³ (environ 100 W pour un adulte)

- Aux origines microscopiques de l'énergie
- Les formes d'énergie à notre échelle et leurs transformations
- Caractériser les formes d'énergie (ESOR, entropie)
- Les principaux moyens de « production » d'énergie et leurs caractéristiques
- L'énergie de la Terre ... et de l'Univers
- Énergie, société et climat

Pour aller plus loin sur l'énergie?

Des vidéo conférences sur la chaîne YouTube : [la Science de Bernie](#)



Mon blog <https://un-peu-de-physique.fr/>
Des cours, des ressources...

Des podcasts sur Spotify : [La science de Bernie](#)



Des cours en ligne ou présentiels à l'Université
Permanente de Nantes : <https://up.univ-nantes.fr/>