

# Mémento sur l'énergie : Les unités d'énergie et de puissance

Marie-Christine Artru ENS Lyon

Cet article fait le point sur les définitions et unités associées à l'énergie, dans le domaine de la physique et de la technologie, ainsi qu'en économie, compte tenu du débat actuel sur notre avenir énergétique.

---

## Table des matières

- [1. Énergie](#)
- [2. Puissance](#)
- [3. Unités](#)
  - [La tonne d'équivalent pétrole](#)
  - [Le kilo-watt-heure](#)
  - [La calorie](#)
  - [L'électron-volt](#)

## 1. Énergie

L'**énergie** est associée à une grandeur physique dont l'unité légale est le **joule**.

Le **joule** (symbole J) est défini à partir des unités fondamentales du système international MKSA, selon l'équation aux dimensions  $E = ML^2T^{-2}$  qui lie l'unité d'énergie E à celles de masse M (le kilogramme, kg), de longueur L (le mètre, m) et de temps T (la seconde, s). Le nom fait référence aux travaux du physicien anglais James Joule (1818-1889).



Figure 1 : James Prescott Joule, source : [CNRS](#).

Avec une énergie  $E = 1 \text{ J}$  on soulève une masse  $m = 1 \text{ kg}$  d'une hauteur  $h = 10 \text{ cm}$  environ (selon  $E = mgh$ , avec  $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ ). C'est une unité très petite par rapport aux énergies mises en jeu à l'échelle humaine, mais très grande au niveau microscopique de l'atome.

## 2. Puissance

La **puissance** est un *débit d'énergie*. On peut mesurer une puissance instantanée, par exemple la puissance maximale atteinte par une machine, ou bien considérer la puissance moyenne sur une durée donnée. L'unité légale de puissance est le **watt** ( $1 \text{ W} = 1 \text{ Js}^{-1}$ ). Le nom évoque le physicien écossais James Watt, (1736-1819).

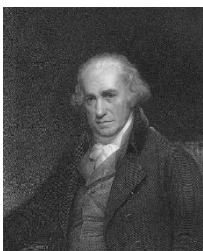


Figure 2 : James Watt, source : [Sketches about Scotland](#).

Le tableau suivant donne des ordres de grandeur de la puissance électrique **moyenne** consommée ou produite à différentes échelles.

<b>Consommation</b>	affichage LCD	10 mW
	four, radiateur électrique	1 à 3 kW
	moteur de voiture	50 à 100 kW
<b>Production</b>	pile plate de 4,5 V	10 W
	centrale électrique	200 à 1 000 MW

### 3. Unités

#### La tonne d'équivalent pétrole

Le **tep** ou **tonne d'équivalent pétrole** est l'unité utilisée dans le contexte économique (toe en anglais pour « ton of oil equivalent »). Par définition 1 tep =  $4,1868 \cdot 10^{10}$  J.

L'unité « **tep** » correspond à l'énergie de produite par combustion d'une tonne de pétrole brut. Un baril de pétrole (159 litres) fournit environ 0,14 tep. La relation entre la quantité de combustible et l'énergie produite dépend de la qualité du carburant. La combustion d'une tonne de bois de chauffage fournit une quantité d'énergie comprise entre 0,3 et 0,5 tep.

Signalons que la « **tonne d'équivalent pétrole** » est parfois utilisée abusivement avec une conversion différente selon le rendement de la production de l'énergie considérée. Par exemple, une « tonne d'équivalent pétrole » d'énergie électronucléaire correspondrait à seulement 33 % de l'unité standard « tep », si on tient compte du rendement de la centrale qui la produit. (référence : [Concepts - Énergie et entropie](#), R. Balian, 2012)

#### Le kilo-watt-heure

Le **kWh** (kilo-watt-heure) est une unité commerciale **d'énergie électrique**. C'est l'énergie produite (ou consommée) en une heure par un générateur (ou un récepteur) de puissance **moyenne** égale à 1 kW.

Le kWh est l'unité employée par les entreprises industrielles et les compagnies françaises EDF, RTE et ERDF (Electricité de France, Réseau de Transport d'Electricité, et Electricité Réseau Distribution France). Les compteurs électriques et les factures de consommation utilisent le kWh. Notons que le coût des abonnements domestiques est fonction de la puissance électrique instantanée **maximale** disponible pour l'utilisateur (typiquement 6, 9 ou 12 kW).

Le tableau suivant résume quelques conversions d'unité à faire pour analyser et comparer les données statistiques :

<b>1 tep</b>	= 11 630 kWh	= $4,1868 \cdot 10^{10}$ J
<b>1 Mtep</b>	= 11,6301 TWh	= $4,1868 \cdot 10^{16}$ J

Ainsi pour un an soit 8 766h :

1 kWh/an	= 0,114 W
1 tep/an	= 1,33 kW

Les tableaux ci-dessous comparent les masses nécessaires à la production d'1 kWh selon la source d'énergie primaire utilisée :

# Masses en jeu pour 1 kWh

Energies Mécaniques : 10 tonnes

<b>Pesanteur</b>	<b>10 t d'eau chutant de 40 m</b>
<b>Cinétique</b>	<b>Camion de 10 t à 100 km/h</b>
<b>Eolienne</b>	<b>20 000 m<sup>3</sup> d'air (27 t) à 60 km/h</b>

Energies Electromagnétiques : kilogramme

<b>Chimique</b>	<b>0,1 kg de carburant (pétrole, charbon, gaz)</b>
<b>Biologique</b>	<b>Un repas</b>
<b>Electrochimique</b>	<b>80 kg de batterie</b>
<b>Thermique</b>	<b>Fusion de 10 kg de glace, vaporisation de 1,5 kg d'eau</b>
<b>Solaire</b>	<b>Puissance 1 kW/m<sup>2</sup></b>

Energies Nucléaires : milligramme

<b>Fission</b>	<b>10 mg d'uranium naturel</b>
<b>Surgénération</b>	<b>0,1 mg</b>
<b>Fusion</b>	<b>5 µg d'hydrogène dans le soleil</b>

Figure 3 : masses nécessaires à la production d'1 kWh selon la source d'énergie primaire

**La calorie :** La **calorie** est l'unité d'énergie utilisée pour mesurer les échanges de chaleur. Une calorie (1 cal = 4,181 J) est l'énergie nécessaire pour élever la température d'un gramme d'eau de 15 à 16 °C. Dans le domaine de la nutrition, l'unité qu'on désigne par calorie est de 1 Cal = 1 kcal = 4180 J.

**L'électron-volt :** L' **électron-volt** est l'énergie acquise par un électron accéléré par une tension électrique d'un volt. Compte tenu de la valeur de la charge électrique élémentaire, on a 1 eV = 1,602.10<sup>-19</sup> J. C'est l'unité des bilans microscopiques d'énergie pour les réactions chimiques ou nucléaires. Dans le domaine des hautes énergies on emploie les unités dérivées avec les préfixes **méga, giga ou téra**, soit le MeV (10<sup>6</sup> eV), le GeV (10<sup>9</sup> eV) ou le TeV (10<sup>12</sup> eV).

Les exemples du tableau suivant montrent les ordres de grandeurs très différents des énergies mises en jeu en chimie (physique atomique et moléculaire) et dans le domaine des noyaux et particules élémentaires.

<b>Réaction</b>		<b>Énergie</b>
<b>Dissociation d'une molécule d'hydrogène</b>	$H_2 \rightarrow H + H$	0,76 eV
<b>Combustion d'un atome de carbone</b>	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	4,1 eV
<b>Ionisation d'un atome d'hydrogène</b>	$H \rightarrow H^+ + e^-$	13,6 eV
<b>Fusion de deux noyaux d'hydrogène</b>	$p^+ + p^+ \rightarrow D + e^+ + \nu_e$ deutérium (D), positon (e <sup>+</sup> ) et neutrino (ν <sub>e</sub> )	408 keV
<b>Création d'une paire électron-positon</b>	$\gamma \rightarrow e^- + e^+$	2x511 keV
<b>Fission d'un atome d'uranium</b>	$^{235}U + n \rightarrow X + Y + k n$ 2 noyaux (X et Y) et k neutrons	200 MeV
<b>Collision dans l'accélérateur LHC</b>	$p^+ + p^+ \rightarrow \dots + \nu_e$ (jet de particules)	7 TeV