

# Elaboration

<https://www.academie-sciences.fr/pdf/hse/evol/Balian1.pdf>

**Roger Balian. *La longue élaboration du concept d'énergie*. 2013. Introduction**

Le concept d'énergie est l'un des plus abstraits et des plus multiformes de la science ; il ne date que d'un siècle et demi. Son élaboration, particulièrement longue et tortueuse, a fait intervenir d'intéressants allers et retours entre sciences et techniques. Nous en donnons ci-dessous un aperçu, que l'on pourra compléter en consultant le monumental Dictionary of scientific biography de C. C. Gillispie (Scribner's, New York, 1981, 16 volumes). Les dictionnaires ou encyclopédies parviennent mal à définir l'énergie. Le Robert donne par exemple : « Ce que possède un système s'il est capable de produire du travail », ce qui n'est guère satisfaisant.

En fait, bien que l'énergie soit liée aux propriétés de la matière, c'est un objet mathématique abstrait. Il s'agit d'une quantité associée à tout système, fonction des diverses paramètres caractérisant l'état de celui-ci à chaque instant ; elle peut se manifester sous diverses formes, mais possède la propriété essentielle de rester constante au cours du temps lorsque le système est isolé.

Il a fallu plusieurs siècles pour commencer à dégager l'idée d'énergie, d'abord dans le cadre de la dynamique. Puis l'étude des transformations entre chaleur et travail a conduit au premier principe de la thermodynamique, dont la formulation précise a fait émerger au milieu du XIXe siècle une notion plus générale d'énergie couvrant chaleur et énergie mécanique. Quelques décennies plus tard, la chaleur elle-même a pu être interprétée à l'échelle microscopique en termes mécaniques, ce qui semblait une unification définitive. Cependant les développements plus récents de la physique ont considérablement enrichi et précisé le concept d'énergie, comme on le verra plus loin.

[...] Un moment crucial est la publication en 1788 de la Mécanique analytique de Louis de Lagrange (Turin 1736 – Paris 1813). Peu intéressé par des discussions philosophiques, celui-ci élabore un formalisme unifié basé sur l'emploi du calcul différentiel. Il déduit des équations du mouvement le « théorème des forces vives » : au cours d'un processus non dissipatif, le travail reçu par chaque point matériel (de masse  $m$  et de vitesse  $v$ ) d'un système est égal à la moitié de l'accroissement de sa force vive  $mv^2$ . Afin de passer de là à la conservation de l'énergie mécanique, somme des énergies potentielle  $V$  et cinétique  $T$ , il restait à reconnaître que les forces appliquées au système dérivent en général d'un potentiel, à en déduire que leur travail s'identifie à la diminution d'une certaine fonction  $V$  des variables de position appelée plus tard « énergie potentielle » (William Rankine, 1853), et à interpréter la demi force vive  $T = \frac{1}{2} \sum mv^2$  comme « énergie cinétique » (Gaspard-Gustave Coriolis, 1829). Plusieurs décennies seront nécessaires pour établir clairement que **l'énergie mécanique totale  $T+V$  reste constante au cours du temps en l'absence de dissipation**.

[...] L'équivalence du travail et de la chaleur est établie avec plus de précision par James Prescott Joule, riche brasseur anglais (1815-1889), physicien amateur, grâce à ses célèbres expériences de 1843- 1847 où une chute de poids chauffe l'eau d'un calorimètre grâce au frottement dans l'eau d'une roue à ailettes entraînée par un poids. Le « calorique », fluide indestructible, n'existe pas ; la chaleur peut être créée ou détruite en même temps qu'une quantité proportionnelle de travail est consommée ou produite. Cette proportionnalité a conduit de nos jours le Bureau International de Poids et Mesures à choisir comme unité de chaleur le joule, en proscrivant l'emploi de la calorie. Le concept d'énergie fut introduit en toute généralité en 1847 par Hermann von Helmholtz, médecin prussien (1821-1892) qui se consacra très tôt à la physique et apporta des contributions majeures à la plupart des branches de celle-ci. C'est lui qui émit l'idée que les transformations de la matière traduisent des changements de nature de l'énergie, et que la valeur totale de celle-ci reste conservée. **Un apport de chaleur ou de travail à un système aboutit à un accroissement équivalent de son énergie interne**.